

ADAPTAÇÃO DO CADERNO DE ENCARGOS TIPO DA EX-JAE A ESTRADAS MUNICIPAIS DE BAIXA VELOCIDADE

Texto Explicativo

CARLA SOFIA DA SILVA VILAÇA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miiec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2008/2009 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais

Quanto maiores são as dificuldades a vencer, maior será a satisfação.

Cícero

AGRADECIMENTOS

Queria demonstrar a minha sincera gratidão a todos aqueles que directa ou indirectamente prestaram o seu contributo e foram fundamentais para a realização desta investigação.

Ao meu orientador Professor Doutor Adalberto França, pelo seu imprescindível e valioso apoio, por toda a disponibilidade prestada, pelas suas críticas e sugestões. Agradeço todo o saber por ele transmitido não só nesta etapa como também no decorrer deste Curso.

A todos os professores da secção de vias de comunicação pelos conhecimentos partilhados e sem esquecer a D. Guilhermina que nos recebe sempre com enorme simpatia e com vontade de ajudar.

A todos os meus amigos da faculdade, em especial á Ju, que acompanhou bem de perto todos estes anos de faculdade e que nesta etapa partilhou as minhas preocupações na elaboração deste trabalho, tendo sempre uma palavra amiga e de ânimo. Sem ela tudo seria mais difícil.

Ás minhas amigas, Ana Maria e Gabriela, pela amizade com que sempre me ouviram, apoiaram e fizeram acreditar que eu iria conseguir alcançar todos os meus objectivos.

Aos meus pais, a quem devo tudo. A palavra obrigada subestima e não chega para agradecer todo o carinho, toda a compreensão e todo o incentivo transmitidos. O seu contributo tornou esta etapa um pouco mais fácil. Um especial obrigada à minha mãe pela sua enorme paciência em ouvir os meus desabafos.

RESUMO

Os projectos de Estradas Municipais de baixa velocidade possuem características próprias que lhes conferem particularidades ao nível da execução das suas obras. As baixas velocidades praticadas e os menores volumes de tráfego implicam que as suas especificações sejam menos rigorosas.

O Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE para empreitadas de construção de estradas é um documento único, que abrange a totalidade das vias que constituem a Rede Rodoviária Nacional. Por este motivo é composto por especificações que garantem o cumprimento das rigorosas características exigidas pelas estradas mais importantes com maiores volumes de tráfego e onde se praticam maiores velocidades.

Esta investigação tem como principal objectivo a adaptação deste Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE à realidade das Estradas Municipais de menores velocidades. Pretende-se obter uma maior homogeneidade e coerência de procedimentos.

Neste Caderno de Encargos serão abrangidos todos os grupos de trabalho que compõe uma obra rodoviária: Terraplenagens, Drenagem, Pavimentação, Obras Acessórias e Sinalização e Segurança. Em cada uma das áreas de trabalho serão apresentadas as características às quais os materiais utilizados devem obedecer, os métodos construtivos que compõem as várias tarefas e o controlo de qualidade exigido.

PALAVRAS-CHAVE: Caderno de Encargos, Métodos Construtivos, Materiais, Vias Municipais, Vias Nacionais.

ABSTRACT

The low speed municipal road projects have specific characteristics that grant them singularities at the work execution. The practiced low speeds and the minor volumes of traffic implies that its specifications are less severe.

The ex-JAE building contracts type of task work road construction is a unique document; it comprehends all of the roads that constitute the national system of roads. For that reason it is composed by specifications that guarantee the execution of the strict characteristics demanded by the most important roads with bigger traffic volumes and where are practised higher speeds.

This investigation has got as main objective the adaptation of this ex-JAE building contracts type to the reality of municipal minor speed roads. It is aspired to obtain bigger procedure homogeneity.

In this building contracts it will be comprehended all the workgroups that compose the road work, like: ground-levelling, drainage, paving, additional work, signalling and security. In each one of the work areas it will be introduced the characteristics to which the used materials should obey, the construction methods that compose the several tasks and the demanded quality control.

Keywords: Building contracts, Construction Methods, Materials, National Roads, Municipal Roads

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. ENQUADRAMENTO	3
2.1. EVOLUÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA NACIONAL	3
2.2. REDE RODOVIÁRIA MUNICIPAL	6
2.3. CADERNO DE ENCARGOS TIPO DA EX-JAE	8
2.4. CADERNO DE ENCARGOS PARA ESTRADAS MUNICIPAIS	9
3. TERRAPLENAGENS	11
3.1. PREÂMBULO	11
3.2. TRABALHOS PREPARATÓRIOS	13
3.3. ESCAVAÇÕES	14
3.4. ESTRUTURA DOS ATERROS	15
3.5. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS EM ATERROS	16
3.6. MELHORAMENTOS EM FUNDAÇÕES DOS ATERROS E EM TALUDES DE ESCAVAÇÃO	17
3.7. PROCESSOS CONSTRUTIVOS PARA A EXECUÇÃO DE ATERROS	18
3.8. LEITO DO PAVIMENTO	19
3.9. TALUDES	19
3.10. CONTROLO DA QUALIDADE	20
4. DRENAGEM	21
4.1. PREÂMBULO	21
4.2. ESCAVAÇÃO PARA GARANTIA DA CONTINUIDADE DO SISTEMA DE ÁGUA SUPERFICIAIS	24
4.3. PASSAGENS HIDRÁULICAS (PH'S)	25
4.3.1. MATERIAIS DE BETÃO	26
4.3.2. ESTABILIDADE ESTRUTURAL DOS TUBOS DE BETÃO	29
4.3.3. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO, ASSENTAMENTO E INSTALAÇÃO DAS TUBAGENS	34

4.4. VALETAS E VALAS	36
4.5. DRENOS DE PLATAFORMA (LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS).....	37
4.6. CAMADA DRENANTE SOB O PAVIMENTO.....	39
4.7. COLECTORES (LONGITUDINAIS E DE EVACUAÇÃO LATERAL).....	39
4.8. ÓRGÃOS COMPLEMENTARES DE DRENAGEM.....	40
4.9. ÓRGÃOS OU TRABALHOS ACESSÓRIOS NO SISTEMA DE DRENAGEM.....	42
4.10. CONTROLO DA QUALIDADE.....	43

5. PAVIMENTAÇÃO..... 47

5.1. PREÂMBULO	47
5.2. MATERIAIS ELEMENTARES CONSTITUINTES DAS CAMADAS NÃO LIGADAS, CAMADAS TRATADAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS E CAMADAS BETUMINOSAS	52
5.2.1. AGREGADOS RECICLADOS.....	52
5.2.2. LIGANTES BETUMINOSOS.....	55
5.3. CAMADAS NÃO AGLUTINADAS	60
5.4. MISTURAS BETUMINOSAS	61
5.4.1. MISTURAS BETUMINOSAS A QUENTE.....	64
5.4.2. MISTURAS BETUMINOSAS A FRIO.....	68
5.5. TRATAMENTOS SUPERFICIAIS.....	68
5.6. CALÇADA DE CUBOS OU PARALELÍPEDOS	69
5.7. MACADAME HIDRÁULICO	70
5.8. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS.....	71
5.9. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS.....	73
5.10. CONTROLO DA QUALIDADE.....	78

6. OBRAS ACESSÓRIAS

6.1. PREÂMBULO	81
6.2. INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA.....	81
6.3. VEDAÇÕES E MEDIDAS MINIMIZADORAS DE RUÍDO	81
6.4. ESTRUTURAS DE SUPORTE E REFORÇO DE TALUDES	83
6.4.1. MUROS DE GRAVIDADE	84
6.4.2. MUROS DE BETÃO ARMADO.....	86
6.4.3. MUROS DE TERRA ARMADA E SOLOS REFORÇADOS	86

6.4.4. PAREDES PREGADAS OU ANCORADAS	87
6.4.5. REVESTIMENTO DE TALUDES E CANAIS	87
6.4.6. ADAPTAÇÕES RELATIVAS ÀS ESTRADAS MUNICIPAIS EM ESTUDO.....	88
6.5. INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS DE INTERESSE PÚBLICO E REPOSIÇÃO DOS AFECTADOS PELA EXECUÇÃO DA OBRA.....	88
 7. SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA	91
7.1. PREÂMBULO.....	91
7.2.SINALIZAÇÃO VERTICAL E EQUIPAMENTO DE BALIZAGEM E GUIAMENTO.....	93
7.3. MARCAÇÃO RODOVIÁRIA	98
7.4. BARREIRAS E OUTROS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	100
 8. CONCLUSÕES	103
 BIBLIOGRAFIA	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1 – Estrada Romana em Setúbal	3
Fig.2 – Estrada de Pompeia em Itália	3
Fig.3 – Via distribuidora principal	7
Fig.4 – Via rápida urbana	7
Fig.5 – Arruamentos urbanos	7
Fig.6 - EM 1491	8
Fig.7 – EM 573	8
Fig.8 – Trabalhos de Escavação.....	11
Fig.9 - Movimentação de terras em perfil Longitudinal	12
Fig.10 – Movimentação de terras em perfil transversal	12
Fig.11 – Representação esquemática do zonamento de aterros	15
Fig.12 – Ciclo hidrológico	21
Fig.13 – Exemplo da informação da marcação CE para os tubos de betão	28
Fig.14 – Carga sobre os tubos enterrados.....	30
Fig.15 – Tipos de assentamentos para tubos de betão.....	34
Fig.16 – Instalação de tubagens de betão em vala	35
Fig.17 – Aterro Técnico	35
Fig.18 – Dreno longitudinal de rebaixamento do nível freático	38
Fig.19 – Constituição dos pavimentos flexíveis	48
Fig.20 – Distribuição de tensões nos pavimentos flexíveis	49
Fig.21 – Distribuição de tensões nos pavimentos rígidos.....	50
Fig.22 – Conteúdo de finos, fusos granulométricos e sobretamanhos das misturas de agregados.	54
Fig.23 – Relação estabilidade/durabilidade das misturas betuminosas com a percentagem de Betume	62
Fig.24 – Pavimento fendilhado, pele de crocodilo	72
Fig.25 – Pavimento em estado de ruína	72
Fig.26 – Funcionamento da reciclagem “ in situ” a frio	77
Fig.27 – Representação da microtextura e da macrotextura	79
Fig.28 – Barreiras acústicas.....	82
Fig.29 – Muros em Alvenaria de Pedra ou Enrocamento	84
Fig.30 – Muro de Betão Ciclóptico	85
Fig.31-Muro de Gabiões em execução	85

Fig.32 – Muro de Gabiões acabado	85
Fig.33 - Muro do tipo “Terra Armada”	86
Fig.34 - Espalhamento das camadas de aterro seleccionado sobre as armaduras	86
Fig.35 – Rede de protecção contra a queda de pedras	88
Fig.36 – Exemplos dos sinais considerados como sinais de pequenas dimensões	95
Fig.37 – Sinal de aproximação de saída	95
Fig.38 – Sinais de afectação de vias	96
Fig.39 – Sinais de pré-sinalização: Pré-aviso gráfico e pré-aviso simplificado	96
Fig.40 – Sinal de confirmação	96
Fig.41 – Baia direcciona para balizamento de pontos de divergência	97
Fig.42 – Elementos de demarcação – Marcos hectométricos, quilométricos e miriámétricos	97
Fig.43 – Delineadores	97
Fig.44 – Exemplos de Marcação Rodoviária – Linha descontinua, linha de paragem com símbolo STOP e seta de selecção	98
Fig.45 – Barreira de segurança semi-flexível simples (ESTG)	100
Fig.46 – Perfil transversal simétrico (tipo DBA) e assimétrico (Tipo GBA) dos New Jersey	101
Fig.47 – Barreiras anti-encadeamento colocadas em separador central semi-flexível	102
Fig.48 – Barreiras anti-encadeamento colocadas em separador central rígido	102

ÍNDICE DE QUADROS (OU TABELAS)

Quadro 1 – Classificação das estradas e sua tutela, de acordo com o PRN de 1985	5
Quadro 2 – Dispositivos e estruturas de drenagem	23
Quadro 3 – Classificação das PH's.....	25
Quadro 4 – Tipos de Bocas	25
Quadro 5 – Factores de carga em função dos tipos de assentamento	33
Quadro 6 – Tipos de valetas e valas	36
Quadro 7 – Sistemas de avaliação da conformidade.....	45
Quadro 8 – Tipo de pavimentos em função dos materiais e da deformabilidade	48
Quadro 9 – Sobretamanhos	54
Quadro 10 – Conteúdo mínimo de finos de acordo com a categoria.....	55
Quadro 11 – Conteúdo máximo de finos de acordo com a categoria	55
Quadro 12 – Tipos de betumes de pavimentação e respectiva aplicação.....	56
Quadro 13 – Tipos de betumes modificados com polímeros e respectiva aplicação	57
Quadro 14 – Tipos de emulsões betuminosas catiónicas e respectiva aplicação	59
Quadro 15 – Classificação das misturas betuminosas	63
Quadro 16 – Novas designações Europeias para as misturas betuminosas e respectiva norma aplicável.....	65
Quadro 17 – Equivalências entre as antigas e novas designações das misturas betuminosas fabricadas a quente	67
Quadro 18 – Classificação dos tratamentos superficiais	69
Quadro 19 – Tipos de reciclagem	75
Quadro 20 – Normas Europeias aplicáveis aos produtos utilizados nas redes de distribuição de água, águas residuais e águas pluviais domésticas	89

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABR – Argamassa Betuminosa em camada de regularização

AMB – Mistura Betuminosa de alto módulo de deformabilidade usada em camada de base ou desgaste

BBDD – Betão Betuminoso drenante em camada de desgaste

BD – Betão Betuminoso em camada de desgaste

CEE – Comunidade Económica Europeia

CIMPOR – Cimentos de Portugal

CM – Câmara Municipal

DPC – Directiva dos Produtos de Construção

EM – Estrada Municipal

EE. NN. – Estrada Nacional

EP – Estradas de Portugal

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IC – Itinerário Complementar

INIR – Instituto Nacional de Infra-Estruturas Rodoviárias

IP – Itinerário Principal

JAE – Junta Autónoma de Estradas

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MBB – Macadame Betuminoso em camada de base

MBBRD – Microbetão Betuminoso Rugoso em camada de desgaste

MBD – Mistura Betuminosa densa em camada de regularização

MBFB – Mistura betuminosa a frio em camada de base

MBR – Macadame Betuminoso em camada de regularização

PH – Passagem hidráulica

PIA – Parte inferior do aterro

PNR – Plano Nacional Rodoviário

PSA – Parte superior do aterro

SPBF – Macadame por semi-penetração em camada de base a frio

UM – Universidade do Minho

1

INTRODUÇÃO

As estradas são determinantes para o desenvolvimento global de qualquer país. A sua qualidade é um sinónimo de progresso. A acessibilidade é um factor essencial para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos permitindo um intercâmbio económico, social e cultural. Apesar de existirem outras redes de transportes, a rede rodoviária é inquestionavelmente a infraestrutura mais importante pois permite completar a cobertura do território, assegurando a acessibilidade a todos os pontos do país. Além disso, em Portugal os transportes rodoviários assumem um papel fundamental visto que constituem o principal meio de transporte utilizado.

O Plano Rodoviário Nacional de 1985 impulsionou em grande escala a Rede Rodoviária Nacional, que sofreu uma grande modernização, alterando-se as características exigidas para os diferentes tipos de vias, de modo a que estas propiciassem maiores velocidades. Em contraste com as estradas de terra batida que existiam em tempos remotos existem actualmente auto – estradas bastante evoluídas que propiciam óptimas condições de circulação. Os Cadernos de Encargos acompanharam estas evoluções. A Junta Autónoma de Estradas criou um Caderno de Encargos Tipo que pudesse orientar as empreitadas de construção das estradas nacionais. O seu âmbito geral implica que contenha especificações rigorosas que cumpram as necessidades das vias mais importantes.

As estradas devem proporcionar uma circulação em condições adequadas de conforto, segurança e economia. O cumprimento destes objectivos pode ser alcançado com um projecto bem dimensionado, complementado com uma boa execução. O Caderno de Encargos é um documento substancial para a etapa de execução de uma via. Engloba todas as áreas de trabalho determinantes para a mesma e funciona como uma linha orientadora da sua construção.

As Estradas Municipais acabaram por ficar associadas ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE. No entanto estas estradas têm características próprias que devem ser cuidadas de um modo particular e personalizado. As baixas velocidades praticadas e os menores volumes de tráfego conferem-lhes características distintas. As especificações constantes nos seus Cadernos de Encargos não necessitam de ser tão rigorosas. Existem determinados materiais e processos construtivos que são totalmente inadequados nesse tipo de vias.

Esta investigação tem como objectivo principal adaptar o Caderno de Encargos tipo da ex-JAE a Estradas Municipais de baixa velocidade. Porém é pertinente que a elaboração desse Caderno de Encargos seja convenientemente fundamentada. Assim, optou-se pela realização de um documento explicativo que complemente o Caderno de Encargos propriamente dito. Por este motivo o trabalho encontra-se estruturado em dois volumes distintos. No presente volume será apresentado o texto que relata todas as adaptações efectuadas e respectivas justificações. Divide-se em 8 capítulos:

- Capítulo 1 – Introdução;
- Capítulo 2 – Enquadramento;
- Capítulo 3 – Terraplenagens;
- Capítulo 4 – Drenagem;
- Capítulo 5 – Pavimentação;
- Capítulo 6 – Obras Acessórias;
- Capítulo 7 – Sinalização e Segurança;
- Capítulo 8 – Conclusões.

No presente capítulo é feita uma apresentação global do trabalho, descrevendo-se o seu objectivo e organização.

No capítulo 2 é apresentado um breve enquadramento geral do trabalho, no qual se demonstra a evolução da Rede Rodoviária Nacional, o funcionamento particular da Rede Municipal, a definição das Estradas Municipais específicas em estudo e a importância do Caderno de Encargos no desenvolvimento destas duas redes.

Os capítulos 3, 4, 5, 6 e 7 referem-se a cada um dos grupos de trabalho rodoviários. Em cada capítulo são apresentados os principais conceitos inerentes a cada um desses temas que permitirão uma melhor compreensão dos mesmos. São ainda expostas as adaptações efectuadas para ajustar o Caderno de Encargos da ex-JAE às estradas em estudo.

O capítulo 8 descreve as considerações finais do trabalho apontando algumas direcções possíveis para futuros desenvolvimentos que se enquadrem nesta temática.

O segundo volume é composto pelo Caderno de Encargos, propriamente dito, para utilização em Estradas Municipais de baixa velocidade. É constituído por 5 capítulos que correspondem aos grupos de trabalhos rodoviários expostos anteriormente. Em cada um deles são apresentadas as características dos materiais, os processos construtivos e o controlo de qualidade exigido. A organização proposta é distinta da seguida no Caderno de Encargos da JAE que constitui a base deste trabalho. As características dos materiais e os processos construtivos serão agrupados em cada um dos sub-temas que constituem os grupos de trabalhos rodoviários.

2

ENQUADRAMENTO

2.1. EVOLUÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA NACIONAL

As estradas romanas caracterizavam-se pela solidez da sua construção e traçado rectilíneo, independentemente do obstáculo que tivessem que vencer. Foram construídas sobre lagos, vales, montanhas e devido á sua ousada concepção, despertam a admiração dos actuais engenheiros. Estas estradas foram vitais para o desenvolvimento económico do Império favorecendo em grande escala o seu domínio militar.

Com os romanos a engenharia rodoviária alcançou o ponto máximo de eficiência e progresso tecnológico da antiguidade. Foram eles os grandes impulsionadores da evolução rodoviária subsistindo até hoje uma larga rede de estradas executadas por eles. Nas figuras 1 e 2 podem ser observados dois exemplos de estradas Romanas, respectivamente em Setúbal e em Itália.



Fig.1 - Estrada Romana em Setúbal [3]



Fig.2 – Estrada de Pompeia em Itália [3]

Existem vários exemplos de estradas romanas em Portugal. A grande extensão da cobertura oferecida por elas deu origem ao ditado que diz: “todos os caminhos levam a Roma”.

Com o fim do período romano a rede foi evoluindo sem planeamento, à medida que surgiam novos focos populacionais, reutilizando troços das antigas vias imperiais. Este enredado de estradas persistiu pela idade média com sucessivos restauros, sendo ainda hoje visível na nossa rede de estradas. A rede

viária só viria a ser reconstruída a partir de meados do século XIX, com as estradas reais, recuperando a antiga lógica do caminho romano, ou seja criando grandes trajectos, assegurando a sua manutenção e segurança.

A Junta Autónoma de Estradas (JAE) foi criada em 1927 com o objectivo de converter a rede viária existente num sistema rodoviário uniforme. De imediato esta descreve o estado da rede de estradas Portuguesas relatando que *“dos 16000 quilómetros que constituiriam a rede nacional de estradas, 4000 estava por construir e dos 12000 restantes, 10000 estavam em completa ruína ou muito próximo dela.”*. Era assim inevitável e urgente proceder-se ao melhoramento da mesma.

À JAE estava atribuída a *“construção de modernas pavimentações, a reconstrução das antigas em grandes troços, a reparação e construção das obras de arte mais importantes e o estudo e construção das grandes extensões de estradas que faltavam para concluir a rede do Estado”*.

Nesta altura foi feita a classificação da rede em **estradas nacionais** (de 1ª e 2ª classe), **Estradas Municipais** e **caminhos públicos**. As estradas nacionais ficariam sob a responsabilidade do estado e as restantes dos municípios. No entanto, numa época em que a rede necessitava de melhoramentos significativos, é de salientar que devido à falta de recursos dos municípios, dificilmente as estradas sob a sua tutela seriam beneficiadas.

Com o decorrer dos anos, a rede rodoviária do nosso país ainda não satisfazia as suas funções. Mesmo para o reduzido tráfego existente, as características das vias eram muito modestas, a qualidade dos pavimentos precária e existiam ainda áreas muito deficitárias. A rede servia melhor as áreas de maior procura, com uma estrutura definida em função das ligações com a capital. O desenvolvimento da economia e o progresso da sociedade dependiam de uma melhor adequação da mesma às necessidades de todas as regiões.

Os primeiros passos para impulsionar a necessária reestruturação da rede foram dados com a elaboração do primeiro Plano Rodoviário Nacional, em 1945. Este pretendia responder de uma forma mais eficaz às necessidades das áreas com maiores problemas de acessibilidade.

Com esta abordagem foi apresentada uma nova classificação de estradas, passando a construção e manutenção de muitas delas para cargo do estado. A rede nacional foi dividida em **estradas nacionais** (1ª, 2ª e 3ª classe), **municipais** e **caminhos públicos**. As estradas nacionais de 1ª classe correspondiam aos itinerários principais e estas, juntamente com as de 2ª classe, constituíam a rede fundamental. As estradas nacionais de 3ª classe foram descritas como todas aquelas que serviam as regiões e também todas aquelas com interesse turístico.

Nas décadas que se seguiram assistiu-se a um grande desenvolvimento da rede com o apoio de normas de projecto e especificações de construção entretanto produzidas. Foram construídas obras marcantes tais como o lançamento da rede de auto-estradas e o início da rede rodoviária internacional de ligação a Espanha.

Na segunda metade da década de 70, com a integração de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE) surgiu a necessidade de aproximar a situação económica do país à dos restantes membros. A evolução do desenvolvimento do país e os compromissos internacionais determinaram a necessidade de ajustamentos ao Plano Rodoviário de 1945. Neste contexto é aprovado em 1985, um novo Plano Rodoviário Nacional. A rede foi aí dividida em Rede Nacional Fundamental e Complementar. Muitas das antigas estradas nacionais foram desclassificadas e entregues à tutela dos municípios. As restantes estradas estariam a cargo da JAE e em alguns casos da BRISA, enquanto sociedade anónima concessionária da rede de auto-estradas. No quadro 1 estão classificadas as estradas e a sua tutela de acordo com o PRN de 1985.

Quadro 1 – Classificação das estradas e sua tutela de acordo com o PNR de 1985

Categoria			Tutela	
Estradas Nacionais	Rede Fundamental	IP's	Auto-estradas	JAE/BRISA
			Estradas Expresso e outras	JAE
	Rede Complementar	IC's	Auto-estradas	JAE/BRISA
			Estradas Expresso e outras	JAE
			Outras estradas	JAE
Estradas Secundárias	Estradas a integrar na Rede Municipal			JAE
	Estradas Municipais			CM
	Caminhos Municipais			CM
	Outras Municipais não classificadas			CM

Com a consequente disponibilidade de fundos da adesão de Portugal à CEE criou-se uma nova fase de transformação e expansão da rede rodoviária. Apesar de praticamente todos os documentos de planeamento defenderem a necessidade de se reduzirem os desequilíbrios regionais, tal como no passado, a prioridade continuava a ser dada aos eixos principais, deixando-se de lado as acessibilidades inter e intraregionais. Havia uma clara desarticulação entre os objectivos das políticas e os traçados para a estrutura viária. Além disso não existia consenso em relação à tutela de algumas estradas que deveriam, de acordo com o PRN de 1985, passar para cargo dos Municípios.

Em 1998 foi aprovado um novo Plano Rodoviário Nacional, o PRN2000, que teve em conta a necessidade de se impulsionar o desenvolvimento das zonas fronteiriças ainda com carências a nível da acessibilidade tentando também estabelecer alternativas às estradas com portagens e melhorando a acessibilidade a zonas urbanas. É dado um especial relevo à melhoria qualitativa da rede em termos de defesa do meio ambiente, combate à sinistralidade e boa gestão das infra-estruturas existentes. Este novo plano procura ainda resolver as questões de tutela das vias a desclassificar que passariam para a tutela dos municípios e que o PRN 85 não conseguia solucionar.

A rede rodoviária nacional foi então alargada através da inclusão e reclassificação de novos percursos. A sua constituição continuou a ser dividida entre a **rede nacional fundamental**, que integra os **itinerários principais** (I.P.'s) e a rede nacional complementar formada pelos **itinerários complementares** (IC's) e pelas **estradas nacionais**. O plano incluiu e classificou uma nova categoria, as **estradas regionais**, de nível intermédio entre a rede nacional e a rede municipal e sob a responsabilidade provisória da administração central. Foram incluídas nesta categoria 5000 km de estradas já classificadas anteriormente. Introduziu-se ainda uma rede de auto-estradas com cerca de 3000 km.

Segundo o Decreto-Lei nº 222/98, artigo 13º, “As estradas não incluídas no Plano Rodoviário Nacional integrarão as redes municipais, mediante protocolos a celebrar entre a Junta Autónoma de estradas e as câmaras municipais”. Neste novo PRN a tutela apenas passaria para as câmaras municipais mediante acordo a realizar entre elas e a JAE. Até que nada fosse acordado as referidas estradas estariam a cargo da JAE, a quem competia o dever de lhes conceder níveis aceitáveis de conservação. É de salientar ainda que as estradas que integrariam a rede municipal teriam de se apresentar em bom estado de conservação, caso contrário deveria ser feito um acordo equitativo com a

respectiva autarquia. Após concluído o processo as Estradas Municipais ficaram sob tutela das câmaras municipais a quem competia o dever de manutenção, conservação e reparação. Mesmo que ao ser entregue às autarquias a maior parte desta rede estivesse em boas condições de conservação, as câmaras municipais não dispunham de capacidade técnica nem recursos financeiros disponíveis para manter a rede em adequadas condições conduzindo-se à sua progressiva degradação e inadequação.

Em 1999 a Junta Autónoma de Estradas (JAE) foi extinta e foi criado o Instituto de Estradas de Portugal (IEP) com competências, entre outras, da “ (...) *promoção e coordenação do desenvolvimento das infra-estruturas rodoviárias, no exercício dos deveres do Estado no domínio do planeamento estratégico e no fomento e gestão de concessões*”.

A EP – Estradas de Portugal, EPE sucede ao IEP, “ (...) *conservando a universalidade dos direitos e obrigações legais e contratuais, que integram a sua esfera jurídica no momento da transformação*”. Com esta transformação, pretendeu-se “*dar um primeiro passo que permita conferir uma nova operacionalidade à administração rodoviária em Portugal, com vista ao relançamento das suas actividades num novo quadro operacional que permita garantir melhores resultados e maior estabilidade dos seus recursos, através da conversão da administração rodoviária numa entidade de natureza empresarial*” A EP – Estradas de Portugal, E.P.E., “ (...) *tem por objectivo a prestação de serviço público em moldes empresariais, de planeamento, gestão, desenvolvimento e execução da política de infra-estruturas rodoviárias definida no Plano Rodoviário Nacional*”.

No âmbito do novo modelo de gestão e financiamento das infra-estruturas rodoviárias, aprovado pelo Governo, foi criado em 2007 o Instituto de Infra – Estruturas Rodoviárias (INIR). Esta entidade pública é dotada de autonomia administrativa fazendo prosseguir todas as atribuições do Ministério das Obras Públicas, Transportes e Telecomunicações. Passou a deter a função, anteriormente atribuída à EP, de fiscalizar e supervisionar a gestão e a exploração da rede rodoviária. A sua função primordial é assegurar a realização do Plano Rodoviário Nacional, garantindo a eficiência, equidade, qualidade e segurança das infra-estruturas rodoviárias assim como dos seus utilizadores.

O INIR atribui à EP a concessão do financiamento, concepção, projecto, construção, conservação, exploração, requalificação e alargamento da Rede Rodoviária Nacional. Além disso concede outras concessões a organismos como a BRISA, AENOR, Auto-Estradas do Atlântico, NortScut, entre outras.

Este instituto pretende regular todo o sector das infra-estruturas rodoviárias. No âmbito das suas funções está actualmente a preparar um conjunto de disposições normativas no sentido de orientar tecnicamente o sector. Pretende deste modo construir uma base sólida de conhecimentos e de informação.

2.2. REDE RODOVIÁRIA MUNICIPAL

Se excluirmos as questões administrativas, a definição de Estrada Municipal é muito ambígua. Apenas se pode dizer que todas elas têm em comum o facto de estarem sob a tutela das autarquias. As suas características geométricas são muito variadas podendo ir desde as mais exigentes até às mais modestas. A classificação de via municipal não é feita em função do tipo de estrada sendo essa denominação relativamente independente das características técnicas da via.

Dentro da zona urbana existem diversos tipos de vias. A hierarquização viária divide a rede municipal urbana em vias colectoras, vias distribuidoras principais, vias distribuidoras locais e vias de acesso local.

As vias colectoras e distribuidoras principais constituem a rede estruturante e têm como principal função a circulação, possuindo assim características que permitam a adopção de maiores velocidades. Por isso as vias devem ser dimensionadas e geridas de modo a garantir elevados níveis de serviço para a circulação motorizada garantindo elevados níveis de fluidez, rapidez e segurança. Nas figuras 3 e 4 são apresentados exemplos deste tipo de vias.



Fig.3 - Via distribuidora principal [7]



Fig.4 - Via rápida urbana [8]

As vias distribuidoras locais e vias de acesso local têm como principal função a circulação praticando-se nelas velocidades mais baixas. Servem um tráfego local e devem ser dimensionadas e geridas de modo a garantir bons níveis de segurança e conforto particularmente para os peões. Na figura 5 são apresentados exemplos deste tipo de vias.



Fig.5 - Arruamentos urbanos [8]

Fora da malha urbana existem ainda outras estradas que são efectivamente designadas por municipais e que fazem a ligação entre as povoações. Nas figuras 6 e 7 são apresentados exemplos deste tipo de vias.



Fig.6 – EM 1491 [8]



Fig.7 – EM 573 [8]

Face à grande variedade de Estradas Municipais existentes é relevante que se defina claramente sobre que tipo vias incidirá esta investigação caso contrário as características seriam muito abrangentes.

Assim, o estudo irá basear-se nas Estradas Municipais de menores velocidades (inferiores a 50 km/h) que possuem características construtivas menos exigentes. Deste modo são incluídas todas as EM classificadas e as vias urbanas distribuidoras locais e de acesso local que serão designadas por arruamentos urbanos.

2.3. CADERNO DE ENCARGOS TIPO DA EX-JAE

O Caderno de Encargos é um documento integrante do Projecto de Execução de uma obra que especifica todos os materiais de construção a usar, a forma de os aplicar e a fase de obra em que se aplicam. É nele que se estabelecem todas as condições jurídicas, técnicas e económicas de uma obra.

O Caderno de Encargos é uma peça muito importante na orientação de uma correcta execução da obra podendo condicionar o sucesso da mesma. Embora estes não tenham uma forma instituída seguem normalmente uma certa organização.

Para a realização das obras rodoviárias o EP – Estradas de Portugal, possui um Caderno de Encargos da autoria da antiga JAE – Junta Autónoma de Estradas, onde são descritas as características dos materiais, os processos construtivos, o controlo de qualidade a ser garantido e as directrizes das medições relativamente a cada um dos grandes grupos de trabalho de uma obra rodoviária. Estes são:

- Terraplenagens;
- Drenagem;
- Pavimentação;
- Sinalização e Segurança;
- Obras Acessórias;

Pretende-se deste modo obter uma sistematização de princípios que conduza a uma melhor qualidade final.

Nas características dos materiais são fixadas as exigências a que devem obedecer consoante o fim a que se destinam.

Nos processos construtivos são descritas as boas práticas construtivas a serem usadas durante a execução da obra que permita a sua realização de uma forma cuidada.

No controlo de qualidade dos trabalhos respeitantes às empreitadas são definidos os tipo de ensaios a serem realizados e a frequência de realização dos mesmos.

2.4. CADERNO DE ENCARGOS PARA ESTRADAS MUNICIPAIS

Devido ao grande impulso dado à construção rodoviária nos últimos anos, com a implementação do PRN2000, foram ocorrendo alterações nas características exigidas aos diferentes tipos de vias, em especial no referente aos traçados para que as estradas propiciassem maiores velocidades, garantindo condições de circulação com segurança e economia. Esta nova filosofia de traçado levou a que fosse dada uma importância acrescida às várias componentes da obra rodoviária que passaram a ser objecto de especificações mais exigentes. Assim o Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE contém especificações muito rigorosas de modo a poder corresponder às necessidades das estradas mais exigentes, tornando-se um pouco desajustado para corresponder às particularidades específicas das Estradas Municipais, onde circula um menor volume de tráfego e se praticam na generalidade velocidades mais baixas. Além disto a tipologia destas vias implica que se assegure em primeiro plano a função de acessibilidade aos espaços locais.

Perante a falta de informação os Cadernos de Encargos realizados para as Estradas Municipais acabam por seguir a estrutura do Caderno Tipo da ex-JAE ou então são mal elaborados.

Esta adaptação do Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE pretende elaborar um documento mais apropriado a Estradas Municipais de menor velocidade onde se justificam exigências menos rígidas. Pretende-se obter uma homogeneização das especificações contidas nos Cadernos de Encargos deste tipo de estradas, de modo que se conduza a uma sistematização de princípios que potenciem a melhoria da qualidade da Rede Rodoviária Municipal.

3

TERRAPLENAGENS

3.1. PREÂMBULO

Todas as obras de Engenharia Rodoviária assentam sobre o terreno e inevitavelmente requerem que o comportamento do solo seja devidamente considerado. Por isso a Mecânica dos Solos constitui uma ciência da engenharia extremamente importante nas terraplenagens, onde é necessário lidar com os elementos da crosta terrestre no seu estado natural, antes de passarem por qualquer procedimento que lhes confira características reguladas.

De forma genérica a terraplenagem consiste na modelação do relevo topográfico através de movimentações do terreno natural de modo a que, através da execução de escavações e aterros, se obtenha o nivelamento pretendido numa superfície relativamente uniforme, com a melhor qualidade possível e dentro de adequados limites económicos.



Fig.8 – Trabalhos de Escavação [13]

A movimentação de terras é feita longitudinalmente (figura 9) e transversalmente (figura 10).

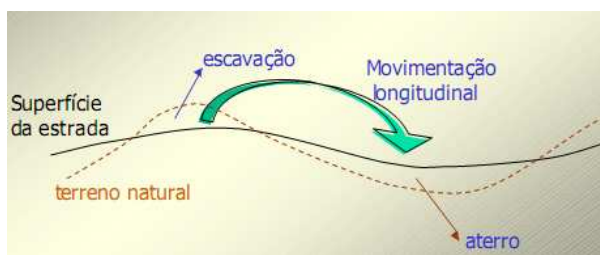


Fig.9 - Movimentação de terras em perfil Longitudinal
[13]

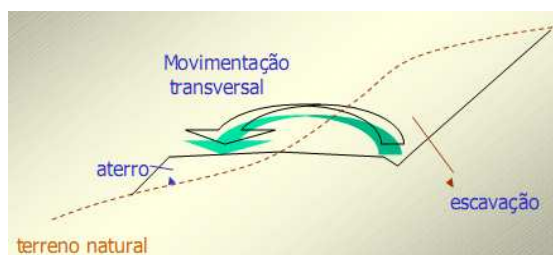


Fig.10 – Movimentação de terras em perfil transversal
[13]

O ideal seria que todos os materiais escavados fossem utilizados para a realização de aterros, compensando-se deste modo os volumes de terras.

No entanto podem existir materiais escavados que não sejam geotecnicaamente adequados para aplicação em aterros ou então podem existir volumes sobranes. Neste caso haverá que transportar as terras excedentes a depósito e procurar terras de fora em locais de empréstimo, de modo a que se obtenha a maior economia. Para tal recorre-se à curva de Brückner que é um instrumento essencial para a determinação da distribuição de terras mais favorável.

O Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE divide os materiais para reutilização em aterros em solos, materiais rochosos e materiais solo-enrocamento. São consideradas seis classes de solos (S0 a S5), tendo em conta as suas características geotécnicas definidas pela Classificação Unificada (ASTM D 2487) e o valor do CBR para as condições mais desfavoráveis previsíveis em obra após a entrada em serviço. Os materiais rochosos são classificados em duas classes (A e B) de acordo com a determinação das suas características de resistência, fragmentabilidade e alterabilidade.

Pode-se afirmar que todas as obras rodoviárias, de grande ou pequeno porte, exigem a realização de trabalhos prévios de movimentação de terras.

Deste modo no que diz respeito a terraplenagens não existem adaptações específicas a realizar ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE para utilização em Estradas Municipais de baixa velocidade.

Apenas foi feita uma ligeira alteração na organização fazendo-se dividir o capítulo em 9 sub-capítulos onde se dividem os vários temas geotécnicos:

- Trabalhos preparatórios;
- Escavações;
- Estrutura dos aterros;
- Características dos materiais a serem utilizados em aterro;
- Melhoramentos em fundações dos aterros e em taludes de escavação;
- Processos construtivos para a execução dos aterros;
- Leito do Pavimento;
- Taludes;
- Controlo de qualidade.

Foram ainda acrescentados alguns aspectos construtivos em falta que poderão melhorar a qualidade do Caderno de Encargos e que são descritos no decorrer deste trabalho.

3.2. TRABALHOS PREPARATÓRIOS

Os trabalhos preparatórios correspondem às actividades fundamentais no início de qualquer obra e preparam a fundação do terreno para se proceder de seguida aos trabalhos de escavação ou aterro. As principais operações destes trabalhos que constam no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE são:

- Limpeza e desmatação;
- Decapagem;
- Saneamentos na fundação dos aterros ou sob o futuro Leito do Pavimento em escavação;
- Protecção da vegetação existente.

A limpeza e desmatação correspondem à remoção de todos os elementos existentes à superfície do terreno como pedra grossa, detritos e vegetação lenhosa que inclui arbustos e árvores, extracção de raízes e do remanescente do corte de árvores.

A decapagem é a extracção da terra vegetal, rica em matéria orgânica que será posteriormente utilizada para revestimento dos taludes ou para outros fins paisagísticos.

Os saneamentos constituem a remoção dos solos de má qualidade existentes na fundação de aterros ou abaixo do futuro leito do pavimento, em escavação.

Perante as actuais preocupações ambientais, toda a vegetação arbustiva e arbórea que não necessite de ser retirada, deverá ser protegida. Em relação à vegetação inserida na área sujeita a terraplenagem, quando for possível deverá ser feita a sua recuperação e replanteio noutra local.

Estas operações são de facto fundamentais à preparação do terreno para execução da obra, mas existem outras também com extrema importância que não são referenciadas no Caderno de Encargos da JAE e que foram acrescentadas a esta adaptação: a demolição de construções, a demolição de muros e o enchimento de poços e minas.

Aquando da realização de uma obra é frequente existirem construções que impeçam a sua execução necessitando de ser demolidas. A demolição consiste então no derrube de todas as construções ou elementos construtivos que seja necessário eliminar para adequada execução da obra. O método de demolição é escolhido pelo Adjudicatário conforme a adequação ao caso. Esta operação traz normalmente problemas de segurança se não for realizada de forma adequada, sobretudo em construções de grande porte. É necessário que sejam tomadas todas as medidas de segurança para o pessoal da obra e envolvente, assim como para a estabilidade das construções e bens próximos. Há ainda que ter em atenção a protecção de materiais considerados de interesse arquitectónico ou arqueológico.

A demolição de muros é em tudo idêntica à demolição de construções. Consiste no derrube de muros de suporte (de espera, de revestimento ou vedação) e dos bens adjacentes, que seja necessário eliminar para a adequada execução da obra. Podem ser utilizadas várias técnicas de demolição, cabendo ao adjudicatário a escolha daquela que seja mais apropriada de forma a cumprir todas as normas de segurança correntes. É feita uma divisão entre a demolição de construções e muros pois as rubricas de medição das duas tarefas são diferentes. A unidade de medição das demolições de construções é m^3 e a unidade de medição da demolição de muros é o m^2 .

Neste Caderno de Encargos, nos trabalhos de demolição de muros e construções, foi feita uma referência à possível reutilização destes materiais na obra em aterros ou outras aplicações. A utilização de agregados reciclados pode revelar-se interessante do ponto de vista técnico, económico e ambiental. A especificação do LNEC E 474 – *Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito do pavimento de infra-estruturas de transporte* fornece recomendações e

estabelece requisitos mínimos para a utilização destes resíduos em camadas de leito de infra-estruturas de transporte, nomeadamente rodoviárias, aeroportuárias e ferroviárias.

Os poços e minas existentes podem ser nocivos à futura construção da via. Nessas zonas os níveis freáticos são normalmente elevados sendo necessário proceder ao seu enchimento com enrocamento ou outro material com características drenantes equivalentes. Com a inutilização destes canais subterrâneos de água é natural que esta se vá espalhar por outras áreas prejudicando a construção e futuro desempenho da estrada. Devem ser tomados todos os cuidados de drenagem.

Fica assim descrita toda a eventualidade de tarefas que possam surgir no decorrer dos trabalhos preparatórios.

Em relação às Estradas Municipais existem frequentemente obras em estradas já existentes, em que a fundação não será portanto natural mas em material de pavimentação. Nestes casos os trabalhos preparatórios incluem a escarificação do material de pavimentação, trabalho que será descrito no capítulo 3 – *Pavimentação* do Volume referente ao Caderno de Encargos referente à pavimentação.

3.3. ESCAVAÇÕES

As escavações realizam-se logo após os trabalhos preparatórios estarem concluídos. O desmonte pode ser realizado com meios mecânicos (lâmina, balde ou ripper) ou então no caso de materiais de elevada resistência mecânica com o emprego exclusivo de explosivos. Existem ainda casos onde os materiais produzem depois do desmonte, granulometrias muito extensas e descontínuas (materiais tipo solo-enrocamento) que exigem simultaneamente com os meios mecânicos de escavação, a utilização de outro tipo de equipamentos como martelos hidráulicos e eventualmente explosivos. A sua reutilização para realização de aterros implica operações complementares de taqueamento para demolição dos blocos. Essas situações ocorrem frequentemente no nosso país, em zonas graníticas com elevado nível de meteorização, em zonas calcárias com intercalações importantes de margas ou terra rossa e em zonas de transição xisto-grauváquicas.

Em relação ao desmonte com recurso a explosivos é extremamente importante a correcta concepção do plano de fogo em função das características geológicas do maciço. Devem ser tomadas todas as precauções de segurança em zonas urbanizadas de modo a não por em risco bens e pessoas.

Neste sub-capítulo não foi feita nenhuma adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE pois as estradas em estudo podem ser de montanha estando inseridas em terrenos bastante acidentados que impliquem a realização de grandes volumes de escavações. Apenas em arruamentos urbanos se poderá dizer que as movimentações de terras serão menores pois a envolvente estará já consolidada.

Os solos existentes nas diversas zonas do país são de vários tipos e para o seu desmonte, consoante as suas características geológicas, poderão ter de ser usados tanto os meios mecânicos como os explosivos como até a junção dos dois.

Podemos concluir que não é o tipo de estrada a condicionar as escavações mas sim a topografia do terreno e as características geológicas que podem ser diversificadas consoante a zona onde irá ser implantada a estrada.

Deste modo todas as especificações em relação aos processos de execução das escavações constantes no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE serão adequadas as Estradas Municipais de menor velocidade.

Assim, foram apenas acrescentados alguns pormenores importantes que poderão aperfeiçoar o Caderno de Encargos.

Foi inserida a referência à realização de planos de observação topográfica dos edifícios assim como a sua vistoria antes do início dos processos de desmonte. Deste modo é possível identificar quais dos danos existentes nos edifícios foram realmente causados pela obra em curso e sobre os quais terão de ser averiguadas as responsabilidades.

Foram acrescentadas algumas particularidades relativas à regularização dos taludes cuja descrição no Caderno de Encargos Tipo se encontrava escassa.

Em relação aos materiais escavados com destino a locais de depósito é especificada a exigência da sua compactação. Esses locais poderão ser posteriormente utilizados como locais de empréstimo para outras obras distintas. Assim, esta medida revela-se bastante importante pois permite aproximar o solo do seu estado natural, tornando mais fidedignos os resultados dos ensaios que possam vir a ser realizados.

3.4. ESTRUTURA DOS ATERROS

Os aterros dividem-se em cinco zonas distintas tal como se pode identificar na figura 11.

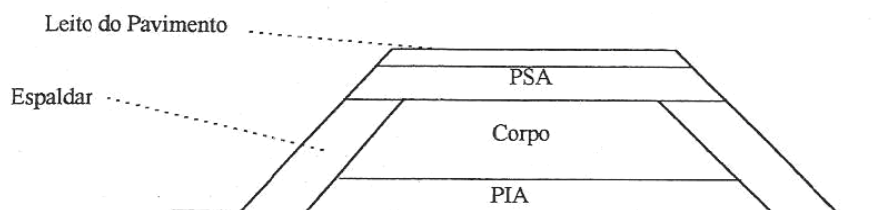


Fig. 11 - Representação esquemática do zonamento de aterros

A Parte Inferior do aterro (PIA) corresponde a uma espessura de aproximadamente 1m que assenta sobre a fundação e é normalmente constituída por duas camadas. Os materiais devem ser preferencialmente insensíveis à água especialmente quando houver possibilidade de inundação e/ou encharcamento dos terrenos adjacentes.

A Parte Superior do Aterro (PSA) é a zona do aterro, com espessura da ordem de 1m, que integra a fundação do pavimento em conjunto com o leito que se apoia sobre ela. Nela devem ser utilizados os materiais de melhor qualidade, de entre os procedentes das escavações e/ou empréstimos utilizados.

O Corpo corresponde à área compreendida entre a Parte Inferior e a Parte Superior do aterro onde devem ser utilizados os materiais de pior qualidade de entre os disponíveis. Apenas é exigido que permitam a colocação em obra em condições adequadas que garantam a estabilidade e que as deformações pós construtivas sejam toleráveis a curto e a longo prazo para as condições de serviço.

Os Espaldares são as zonas laterais do corpo dos aterros incluindo os taludes e podendo casualmente ter função de maciço estabilizador. Devem ser utilizados materiais compatíveis com a geometria de taludes projectada de modo a evitar riscos de instabilidade e/ou erosão.

O Leito do Pavimento é a última camada constituinte do aterro que se destina essencialmente a homogeneizar, regularizar e manter a capacidade de suporte do mesmo.

No Caderno de Encargos foi acrescentada uma referência ao procedimento da realização de aterros de baixa altura, no qual não seja possível a divisão do mesmo nas várias zonas especificadas. É pertinente o estabelecimento de prioridades na selecção das zonas a incluir no aterro.

A primeira opção será retirar o corpo ficando o aterro constituído apenas pela PIA E PSA. O corpo é a parte do aterro com importância menor que apenas se utiliza como enchimento para atingir a altura pretendida.

Em aterros muito baixos ($H < 1,5m$), quando não é suficiente a exclusão do corpo, deverá reduzir-se a espessura da PIA ficando no limite o aterro apenas constituído pela PSA. A PIA tem como função a separação entre o terreno e o aterro operando como uma barreira impermeável. É menos necessária do que a PSA, que faz parte integrante da fundação do pavimento.

Em zonas onde a fundação dos aterros é rochosa, a transição de solos é feita na PSA. Poderá eventualmente ser prevista no projecto a realização de uma sobreescavação para execução de mais camadas ou então para obter uma certa regularidade devido aos afloramentos rochosos.

O Leito do Pavimento terá de ser sempre incluído no aterro. Este constitui uma parte integrante da fundação do pavimento e é necessário para que mais tarde não surjam anomalias no mesmo.

3.5. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS A SEREM UTILIZADOS EM ATERROS

Os materiais escavados com vista a utilização em aterros classificam-se em: solos, materiais rochosos e materiais solo-enrocamento.

Neste sub-capítulo foi feita a descrição das características dos materiais consoante o tipo de aterro:

- Aterros com solos;
- Aterros com solos tratados com cal e/ou cimento;
- Aterros com materiais rochosos;
- Aterros com materiais solo-enrocamento;
- Aterros zonados;
- Aterros com materiais evolutivos;
- Aterros técnicos.

O **tratamento de solos** realiza-se quando, por razões económicas e/ou ambientais, for indispensável reutilizar na construção de aterros solos coerentes (finos e sensíveis á água) com elevados teores em água no seu estado natural. Poder-se-á recorrer a técnicas de tratamento (“in situ” ou em central) com cal ou com ligantes hidráulicos. Pretende-se que sejam atingidas as condições exigíveis para a colocação em obra e para garantir as condições de traficabilidade para os equipamentos. Esta técnica é particularmente adequada, em presença destes solos, para:

- Melhoramentos das características geotécnicas da Parte Superior do Aterro;
- Construção de aterros de acesso difícil, denominados de aterros técnicos e cuja geometria não permite que os equipamentos de espalhamento e compactação operem em condições normais;
- Construção da PIA em zonas potencialmente inundáveis;
- Espaldares de aterros zonados com solos coerentes e com taludes de forte inclinação;

Os **aterros zonados** são os que utilizam na sua construção vários materiais com as características e a localização definidas no respectivo projecto. Como exemplo podem referir-se:

- Aterros em que o corpo é constituído por materiais do tipo solo-enrocamento e os espaldares por materiais de enrocamento;
- Aterros em que o corpo é constituído por solos e os espaldares por solos tratados.

Os **materiais evolutivos** são os materiais oriundos do desmonte de rochas fortemente evolutivas.

Os **“aterros técnicos”** são os aterros a executar em zonas de difícil acesso, onde não é possível que os processos de espalhamento e a compactação dos materiais de aterro sejam feitos normalmente. Podem considerar-se, entre outros, os aterros junto a encontros de obras de arte ou a outro tipo de estruturas enterradas e os aterros junto a muros de suporte.

No Caderno de Encargos o capítulo referente aos materiais não reutilizáveis foi retirado e foi feita referência a eles nas disposições gerais para as características dos materiais.

Não foi feita qualquer adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE para utilização nas estradas em estudo. Como já referido anteriormente, as exigências quanto as características dos materiais a utilizar nessas estradas serão as mesmas pois é necessário garantir de igual modo a estabilidade dos aterros para a construção da plataforma da estrada.

3.6. MELHORAMENTOS EM FUNDAÇÕES DOS ATERROS E EM TALUDES DE ESCAVAÇÃO

O emprego de geotêxteis em obras rodoviárias tem sofrido uma grande expansão. Desde o seu aparecimento, por volta dos anos 50, estes não pararam de suscitar novas aplicações, surgindo produtos de características diversificadas. Inicialmente eram usados como filtros separadores para separação e anticontaminação das camadas granulares dos pavimentos pelos finos vindos das camadas inferiores. Actualmente o seu uso nas fundações de aterros em baixas aluvionares ou coluvionares de difícil trabalhabilidade têm vindo a ser muito utilizado para reforço, podendo ou não estar associados à execução de camadas drenantes ou a tratamentos dos solos subjacentes. Podem também ser utilizados em dispositivos de drenagem para consolidação da fundação.

Neste sub-capítulo do Caderno de Encargos foram divididos os melhoramentos:

- Geotêxteis com função de separação e/ou filtro e/ou reforço;
- Drenos verticais;
- Poços/ estacas de brita;
- Valas/trincheiras drenantes;
- Máscaras e esporões drenantes para taludes de escavação.

O Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE apenas faz uma referência ao processo construtivo de colocação dos geotêxteis com função de reforço, filtro e/ou separação.

Foram incluídos neste Caderno de Encargos os processos construtivos relativos aos vários materiais drenantes previstos no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE (drenos verticais, poços/estacas de brita e máscaras e esporões drenantes) de modo a haver uma sistematização de princípios na execução destas tarefas.

Foram ainda acrescentadas a estes métodos as valas ou trincheiras drenantes. Estas têm como finalidade interceptar, colectar e escoar a água subterrânea, evitando a saturação da base dos aterros. As valas têm uma profundidade variável em função das características do nível freático e são preenchidas por material drenante. São envolvidas numa manta de geotêxtil, deixando um tubo longitudinal perfurado para servir de dreno colectador de água. Estas trincheiras constituem uma grande inovação nos sistemas de drenagem para obras viárias e a sua aplicação tem vindo a generalizar-se. A

instalação é muito simples e prática tornando-se mais eficiente, rápido e económico do que os sistemas convencionais.

Não foi efectuada qualquer adaptação específica para aplicação do Caderno de Encargos nas estradas em estudo pois este tipo de estradas poderão ser construídas sobre baixas aluvionares ou terrenos compressíveis que necessitem de trabalhos de reforço, separação e/ou filtro assim como de elementos de drenagem interna de modo a uma maior e mais rápida consolidação dos terrenos de fundação e consequentemente uma maior capacidade de suporte. Existem várias zonas do nosso país em que os solos possuem estas características.

3.7. PROCESSOS CONSTRUTIVOS PARA A EXECUÇÃO DE ATERROS

A execução dos aterros é realizada logo após estarem concluídos os trabalhos de preparação do terreno.

Nestes sub-capítulo do Caderno de Encargos são descritos os procedimentos a serem realizados na execução de aterros e são pormenorizadas as particularidades existentes em alguns tipos de aterros:

- Disposições gerais para todos os aterros;
- Aterros em enrocamento ou mistura solo-enrocamento;
- Aterros com materiais evolutivos;
- Aterros com solos tratados;
- Aterros técnicos;
- Aterros zonados.

Nos aterros em enrocamento ou mistura solo-enrocamento é necessária a realização de um aterro experimental para determinação da espessura das camadas, número de passagens do cilindro, energia de compactação, quantidade de água a usar no processo de compactação e o índice de vazios de referência.

Os aterros com materiais evolutivos deverão ser realizados com o processo conhecido como execução de camadas em cordão em que o material é descarregado 5m antes da frente de aplicação e deverá proceder-se a fragmentação complementar.

Os aterros com solos tratados utilizam-se nas condições já referenciadas anteriormente na caracterização dos materiais e tem um processo construtivo muito mais complexo do que o dos restantes aterros. Além disso tem de ser realizado um estudo laboratorial específico.

A geometria dos aterros técnicos executados no encontro a estruturas enterradas depende da dimensão das mesmas e são diferentes da execução relativa aos encontros, montantes de obras de arte e muros de suporte. O processo construtivo também é mais cuidado do que no caso dos aterros gerais.

Em relação aos processos construtivos para a realização dos aterros não foi efectuada qualquer alteração ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE para utilização nas estradas em estudo. Os processos terão de ser os mesmos de modo a que se garanta a qualidade de execução e a garantia de estabilidade.

3.8. LEITO DO PAVIMENTO

O leito do pavimento constitui parte integrante da fundação do mesmo.

No trajecto de uma estrada surgem com frequência terrenos de diferente natureza litológica. Devido às terraplenagens seguem-se normalmente trechos em aterro e trechos em escavação, com a rasante a profundidades variadas relativamente à superfície. Esta situação faz com a variação de solos encontrados seja muito elevada. Além disso na superfície das escavações encontram-se solos mais superficiais que normalmente são de pior qualidade e geralmente á medida que a escavação se aprofunda os solos melhoram, podendo mesmo ocorrer solos rochosos. Daqui se pode dizer que a qualidade dos terrenos disponíveis para a fundação do pavimento pode variar muito de ponto a ponto.

Para atenuar estas variações é construído o leito do pavimento, quer em zonas de aterro quer em zonas de escavação. Pretende-se deste modo homogeneizar, melhorar e regularizar as características da base do pavimento para que esta permaneça invariável ao longo do tempo mesmo em condições climáticas variáveis. Além disso impede que os finos dos solos subjacentes venham a ascender afectando a qualidade das camadas granulares do pavimento e assegura a função drenante. A curto prazo tem ainda a função de suportar a circulação do equipamento de obra sem prejuízo da superfície de apoio do pavimento.

Neste sub-capítulo do Caderno de Encargos são descritas:

- Características dos materiais
- Processos construtivos

Os materiais a utilizar em Leito do Pavimento são: solos, materiais granulares não britados, materiais granulares britados e solos tratados com cal e/ou cimento. São fixadas todas as características a que os materiais devem obedecer.

Nos processos construtivos são descritos os procedimentos gerais para a sua execução com os vários tipos de solos, e são particularizados os leitos com solos tratados que requerem tarefas específicas.

Em relação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE não foi efectuada qualquer alteração ao seu conteúdo pois nas estradas em estudo serão utilizados os mesmos materiais e os mesmos processos construtivos de modo a que o leito do pavimento fique bem construído e mais tarde não surjam patologias nos pavimentos.

3.9. TALUDES

O aspecto final dos taludes é muito importante. Deve ser recriado um aspecto que consiga harmonizar a estrada com a paisagem. Além dos efeitos paisagísticos é ainda de suma importância que a estabilidade dos mesmos esteja garantida.

No Caderno de Encargos a regularização e revestimento dos taludes com terra vegetal foram retirados das obras acessórias e incluídos neste capítulo pois constituem uma parte integrante da terraplenagem, fazendo todo o sentido a sua inclusão nesse sub-capítulo que se divide em:

- Escavação e regularização;
- Revestimento com terra vegetal

Apenas os restantes procedimentos (sementeiras, hidrossementeiras, plantações, etc) são descritos nas obras acessórias pois estes já constituem trabalhos considerados como complementares e acessórios.

Na escavação e regularização dos taludes foi acrescentado ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE a descrição de algumas particularidades da escavação dos taludes em materiais rochosos e é dada especial atenção às zonas de contacto entre escavações e aterros. No revestimento são ainda adicionadas as características dos materiais a serem utilizados que não constavam no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE.

Em relação às estradas em estudo não foi efectuada qualquer alteração ao Caderno de Encargos Tipo pois os trabalhos a realizar nos taludes serão os mesmos, não existindo qualquer relação entre o tipo de estrada e o trabalho que terá de ser executado nos mesmos.

3.10. CONTROLO DA QUALIDADE

O controlo de qualidade relativo a terraplenagens compreende sobretudo a verificação das especificações dos materiais elementares utilizados em aterros, em leito do pavimento e nos materiais drenantes, com recurso a ensaios com uma frequência especificada. Para os geotêxteis deverá ser apresentado um certificado do fabricante como controlo de fabrico e deverá ser levada a um laboratório uma amostra de cada tipo, para comprovar as características especificadas nos certificados dos fabricantes e previstas no Caderno de Encargos.

O controlo de qualidade do Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE pertencia a um volume isolado onde se reuniam as especificações para todos os grupos de trabalho.

Neste Caderno de Encargos o controlo de qualidade foi colocado juntamente com as especificações relativas às características dos materiais e processos construtivos. Em relação às estradas em estudo não foram efectuadas nenhuma alteração ao tipo de ensaios e /ou frequência, pois considera-se que são os mais apropriados para caracterizar os materiais verificando a sua qualidade para aplicação em obra. Modificaram-se apenas as normas às quais a realização dos ensaios devem obedecer pois encontravam-se desactualizadas. A maioria das especificações do LNEC referidas no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE são antigas estando actualmente anuladas e substituídas por Normas Europeias. O nome de alguns ensaios também foi alterado devido à modificação na respectiva norma mas as características que pretende determinar são exactamente as mesmas. Foi ainda acrescentado o controlo de qualidade relativo às valas/trincheiras drenantes, que foram incluídas nesta adaptação, no capítulo referente aos melhoramentos em fundações dos aterros.

4

DRENAGEM

4.1. PREÂMBULO

A água que se precipita sobre a terra tem diferentes destinos. Parte dela evapora-se regressando à atmosfera e outra atinge a superfície terrestre seguindo posteriormente dois percursos diferentes. Uma quantidade é escoada sobre a superfície (águas superficiais) e a outra infiltra-se na terra, através dos seus poros e fissuras incorporando-se no lençol freático (águas subterrâneas). Na figura 12 pode observar-se o ciclo hidrológico que esquematiza todo o ciclo da água na natureza. São as águas superficiais e as subterrâneas que afectam e prejudicam a execução das obras de estradas e o seu posterior funcionamento em boas condições.

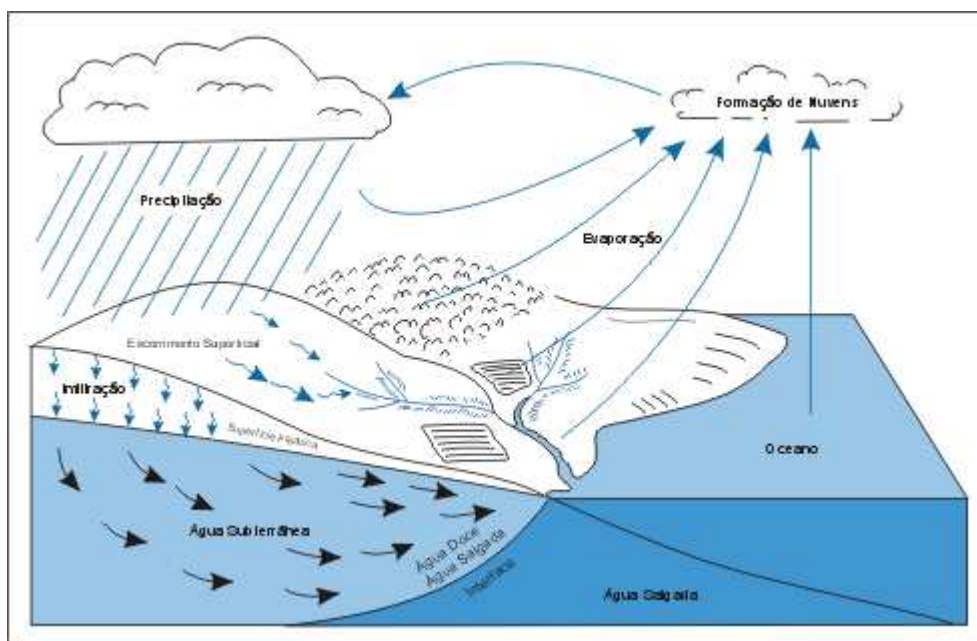


Fig.12 – Ciclo hidrológico [16]

O projecto geométrico de uma estrada define em planta e em perfil superfícies pouco sinuosas, obtidas à custa da modelação do terreno natural (terraplenagens). A execução dos aterros e das escavações interceptam os níveis freáticos e os cursos de água naturais afectando as condições de escoamento natural. Além disso a própria implantação da plataforma da estrada, implica a impermeabilização de

zonas que eram, até então, naturais. Todos estes factos implicam alterações no ciclo hidrológico e perturbação no ecossistema da zona onde a rodovia se desenvolve. Essas alterações podem ser mais ou menos profundas consoante a maior ou menor extensão da obra e as condições hidrológicas da zona de implantação.

A água é, assim, um dos maiores inimigos da estrada sendo a causa de vários problemas que afectam as condições de serviço e causam a degradação das infra-estruturas. São eles:

- Erosões, instabilidade dos taludes e redução da coesão dos solos;
- Colmatção e obstrução dos sistemas de drenagem por deposição de material transportado;
- Redução da capacidade de suporte do maciço terroso;
- Patologias ao nível dos pavimentos e nas obras de arte;
- Projecção de água e alagamentos que impedem a circulação em condições de serviço favoráveis.

Uma infra-estrutura rodoviária deve possibilitar a circulação de veículos automóveis em condições de segurança, fluidez, comodidade e economia, quaisquer que sejam as condições climáticas que possam ocorrer. De forma a cumprir este objectivo é necessário criar um sistema de drenagem eficiente, através de uma concepção de projecto bem elaborado, complementada com uma boa execução dos trabalhos e uma manutenção cuidada. Todas estas etapas são importantes para o sucesso da obra rodoviária.

A drenagem é constituída por um conjunto de dispositivos e estruturas hidráulicas que se dispõem longitudinal ou transversalmente relativamente ao eixo do traçado. Classifica-se em dois tipos, drenagem superficial e drenagem profunda.

A drenagem superficial tem como objectivo assegurar o escoamento para fora da plataforma das águas pluviais que incidem sobre ela e das provenientes das áreas adjacentes. A sua acumulação ao nível do pavimento, danifica a estrutura do mesmo, e cria fenómenos de aquaplanagem e projecção de água que prejudicam a segurança e comodidade dos utilizadores. Para além disso a drenagem superficial garante a continuidade do sistema natural existente fazendo a reposição, estabelecimento e protecção das linhas de água interrompidas. Os elementos projectados paralelamente ao eixo da via constituem o sistema de drenagem longitudinal. Este interliga-se com o sistema transversal, construído sob a plataforma, e define os pontos de descarga e atravessamento dos caudais escoados através dos elementos de drenagem longitudinal.

A drenagem profunda tem como finalidade evitar o aumento do teor de água nos solos de fundação que diminui a sua capacidade de suporte. Este objectivo pode ser atingido através da interceptação e desvio das águas subterrâneas, rebaixamento do nível freático e remoção da água livre contida no solo de fundação, de modo a que não exista uma lâmina de água próxima do leito do pavimento que afecte a sua capacidade estrutural.

Os elementos base dos sistemas de drenagem são indicados no quadro 2.

Quadro 2 – Dispositivos e estruturas de drenagem

Tipos de drenagem		Dispositivos e estruturas de drenagem
Drenagem Superficial	Longitudinal	<ul style="list-style-type: none"> – Valas, valetas e canais – Órgãos acessórios de ligação e recolha: câmaras de visita e câmaras de limpeza: sarjetas e sumidouros, câmaras de recepção, caixas de ligação ou derivação – Caleiras e colectores longitudinais – Drenos – Dispositivos de drenagem de taludes
	Transversal	<ul style="list-style-type: none"> – Colectores transversais – Passagens hidráulicas (aquedutos)
Drenagem Profunda		<ul style="list-style-type: none"> – Drenos verticais – Mascaras Drenantes – Esporões drenantes – Trincheiras drenantes – Tapetes drenantes – Camadas drenantes

Os dispositivos de drenagem profunda foram analisados no capítulo 3 – *Terraplenagens* pois apesar de constituírem elementos de drenagem estão mais articulados cronologicamente a essa fase construtiva. Neste sub-capítulo será analisada apenas a drenagem superficial, com a excepção da camada drenante, que é realizada abaixo do pavimento e por isso já não constitui um dispositivo de drenagem profunda tão associado às terraplenagens.

De um modo geral e sintético podemos referir que os princípios básicos da drenagem são:

- Dar preferência à drenagem superficial em detrimento da profunda quando a solicitação for idêntica;
- Dimensionar pontos de expulsão da água sempre em excesso e nunca por defeito;
- Ponderar a razoabilidade técnica das soluções, a facilidade da construção, os custos de construção e manutenção;
- Minimizar possíveis danos.

Para além dos aspectos referidos, de origem fundamentalmente qualitativa, os objectivos da drenagem relacionam-se ainda com aspectos de carácter ambiental:

- Contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido a acidentes que causem o derrame de substâncias tóxicas e perigosas;
- Perdas de habitats que dependem das linhas de água;
- Afectação quantitativa e qualitativa da taxa de recarga de aquíferos, devido ao aumento da compactação do solo, causando a afectação do nível freático.

Estes aspectos devem ser levados em conta ao nível do projecto, da construção e da exploração das estradas.

Todas as estradas necessitam de sistemas de drenagem. A sua maior ou menor dimensão depende de certos elementos base da área de implantação da infra-estrutura e zona envolvente:

- Delimitação das bacias hidrográficas e suas características físicas e topográficas;
- Estudo da rede hidrográfica: conjunto de todos os cursos ou linhas de água;
- Características pluviométricas, nomeadamente as intensidades máximas da precipitação;
- Características actuais e previsão futura da ocupação, cobertura ou utilização do solo.

Após esta análise é necessário seleccionar e dimensionar os órgãos de drenagem, tendo em conta os princípios descritos.

Como referido anteriormente a maior ou menor quantidade e dimensão dos dispositivos de drenagem, depende de vários factores naturais (características pluviométricas, rede hidrográfica, bacias hidrográficas) e ocupacionais da zona em questão. Deste modo, na generalidade, manteve-se nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE, os mesmos órgãos de drenagem. Foram acrescentadas algumas particularidades que serão descritas no decorrer deste sub-capítulo. Não foi considerada a drenagem do separador central pois as Estradas Municipais em estudo não possuem separação física das suas faixas de rodagem.

A organização do capítulo da drenagem no Caderno de Encargos, que é objecto de estudo, foi alterada, optando-se por incluir em cada tema da drenagem os materiais e os processos construtivos referentes, deixando de se agrupar todos os materiais e todos os processos construtivos. Foi dividido em:

- Escavação em trabalhos realizados para garantia da continuidade do sistema de águas superficiais;
- Passagens Hidráulicas em Betão;
- Passagens Hidráulicas metálicas;
- Valetas e Valas;
- Drenos de plataforma (Longitudinais e Transversais);
- Camadas Drenantes;
- Colectores;
- Órgãos Complementares de Drenagem;
- Órgãos ou trabalhos acessórios no sistema de drenagem.

4.2. ESCAVAÇÃO PARA GARANTIA DA CONTINUIDADE DO SISTEMA DE ÁGUA SUPERFICIAIS

Antes de ser iniciada a implantação dos sistemas de drenagem estudados, é necessário executar trabalhos de terraplenagem para garantir a continuidade dos sistemas de drenagem das águas de superfície. Os tipos de situações típicas a executar são normalmente:

- Regularização, rectificação ou desvio de linhas de água;
- Execução de valas a montante ou jusante dos órgãos do sistema de drenagem criado;
- Execução de valas longitudinais de grande secção;
- Reperfilamento de valetas ou valas existentes.

4.3. PASSAGENS HIDRÁULICAS (PH's)

As PH's são os elementos principais da drenagem transversal sendo utilizadas para a manutenção de condições adequadas de escoamento dos cursos de água atravessados pelo traçado da estrada. São constituídas por tubagens em betão ou aço corrugado, que podem ser pré-fabricadas ou betonadas "in situ". São instaladas transversalmente à faixa de rodagem. Existem vários tipos de PH's que se apresentam no quadro 3, que diferem quanto à secção da tubagem e quanto ao número de linhas.

Quadro 3 – Classificação das PH's

Classificação das PH's	Forma da secção	Número de linhas
	<ul style="list-style-type: none"> – Circulares – Rectangulares – Abobadadas – Elípticas 	<ul style="list-style-type: none"> – Simples – Duplas – Triplas

As PH's são constituídas pelo corpo que é composto pela tubagem, e pela boca que assegura as condições de entrada e de saída aos caudais escoados através do corpo. Existem três tipos de bocas com as características descritas no quadro 4.

Quadro 4 – Tipos de Bocas

Boca	Localização	Função
	Na base do talude	Entrada ou saída
	Em talude de aterro	Saída da PH em talude no corpo do aterro fazendo a ligação a uma descida de talude
	Em escavação	Entrada na passagem hidráulica, em recipiente, com queda

A escolha dos diversos tipos de bocas depende das condições específicas do perfil transversal da zona a ser implantada:

- Inclinação natural do terreno;
- Tipo de perfil em aterro ou escavação;
- Cotas de projecto da plataforma;
- Inclinação longitudinal da tubagem.

Poderá ser necessária a colocação de caixas de queda ao longo da PH devido às condicionantes referidas e tendo em vista a limitação da inclinação da tubagem.

As tubagens em betão são normalmente mais resistentes aos agentes químicos apesar de ser possível a corrosão por certos agentes. Para além disso são mais resistentes ao choque e tem vantagens económicas para menores vãos. As tubagens metálicas são mais económicas para vãos maiores e são preferíveis em situações de fundação com solos compressíveis pela sua capacidade de deformação.

Têm muito maior facilidade e rapidez de execução tornando-se muito vantajosas em situações de execução de obras com tempo limitado ou em caso de difícil acessibilidade. Inconvenientemente são mais vulneráveis à acção de certas águas agressivas podendo necessitar de protecções especiais.

Sempre que a largura do leito do curso de água o permita é preferível a adopção de apenas n tubos do que $n+1$ pois com condutas múltiplas aumenta-se a perda de carga e torna-se mais difícil a passagem de corpos flutuantes. Apenas em casos com baixas alturas de aterro se deve optar pela colocação de mais condutas na bateria, de modo a que os diâmetros sejam menores e seja possível colocar o recobrimento adequado na tubagem. Mesmo nestes casos existem ainda mais opções preferíveis como o uso de tubagens em aço e de secções de menor altura (arco abatido, rectangular e elíptica) e em último caso o aprofundamento do terreno natural.

A localização em planta da obra deve seguir a orientação da linha de água mas deve evitar-se um viés exagerado que terá um maior custo e sinuosidades que originarão um menor débito para maiores perdas de carga. Em relação ao perfil, o declive deve ser idêntico ao do fundo da linha de água, mas quando este for muito elevado deverá adoptar-se outra solução que poderá ser:

- Adopção de estruturas de dissipação de energia (degraus, blocos, macrorugosidades) mantendo-se deste modo inalterável a inclinação do curso de água;
- Adopção de uma inclinação inferior à do curso de água através da implantação e desenvolvimento da obra em aterro em relação ao terreno natural ou inserindo uma boca de entrada a cota inferior à do terreno natural procedendo a uma escavação e queda a montante;
- Introduzir caixas de queda ao longo do desenvolvimento da PH.

Para além do dimensionamento hidráulico das secções das PH's também é importante o estudo das condições de assentamento que dependem das características do solo de fundação e o estudo das cargas verticais a que estão sujeitas as tubagens para o seu dimensionamento estrutural. No caso de aterros de altura muito elevada é muito importante a análise do impacte da carga do aterro sobre a tubagem que poderá condicionar a escolha da mesma.

4.3.1. MATERIAIS DE BETÃO

Para a realização das passagens hidráulicas em betão é necessário que sejam controladas as propriedades do betão devendo para tal cumprir-se as disposições legais vigentes. As normas referidas no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE encontram-se na sua maioria anuladas e foram por isso actualizadas.

Nos últimos anos tem sido produzida nova normalização nacional e europeia no domínio dos betões. Esta actividade normativa, entre outros factores, pretende acompanhar as evoluções recentes surgidas ao nível deste material.

O Decreto-Lei n.º 330/95, referido no Caderno de Encargos da JAE, foi revogado estando actualmente em vigor o Decreto-Lei n.º 301/2007. Este Decreto-Lei determina que o betão destinado a ser colocado no mercado nacional deve ser especificado e produzido em conformidade com a norma NP EN 206-1 – “*Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade*», deixando de ser aplicada a NP ENV 206-1. Neste novo documento são indicadas as novas Normas Europeias a serem seguidas em relação ao cimento, aos adjuvantes, agregados, água e adições. Todas elas foram actualizadas neste Caderno de Encargos que é objecto deste estudo. Também se torna obrigatório na execução das estruturas de betão o cumprimento da norma NP ENV 13670-1 – “*Execução de estruturas em betão. Parte 1: Regras gerais*”.

Os agregados, adjuvantes e cimento para utilização no betão são alguns dos produtos enquadrados na Directiva dos Produtos de Construção (DPC) 89/106/CE.

Esta directiva foi criada com o objectivo de enquadrar o funcionamento do mercado interno Europeu dos produtos da construção, estabelecendo condições para a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu. Foi transposta para a ordem jurídica portuguesa através de dois diplomas: o Decreto-Lei nº 113/93 e a Portaria nº 566/93 do Ministério da Indústria e Energia. Com o objectivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e à utilização da marcação CE, alguns dos artigos foram modificados pela Directiva do Conselho 93/68/CEE, que foi transposta em Portugal pelo Decreto-Lei nº 139/95, que por sua vez foi posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 4/2007.

Com esta nova abordagem é possível eliminar as barreiras técnicas à livre circulação dos produtos de construção no Espaço Económico Europeu. A uniformização de critérios proporciona uma maior confiança nos produtos pela transparência do processo de certificação.

A DPC prevê um conjunto de instrumentos para a sua implementação que são:

- As especificações técnicas harmonizadas;
- Os Organismos Notificados;
- Os sistemas de avaliação da conformidade;
- A marcação CE nos produtos.

A marcação CE assume uma importância crescente ao nível dos materiais de construção, ganhando progressivamente o estatuto de requisito para estar no mercado. A sua principal finalidade é ser uma garantia para os utilizadores da produção dos materiais de uma forma controlada, bem como do cumprimento de uma série de requisitos, comprovados através de testes e ensaios. Os produtos vindos de países terceiros, de baixa qualidade, sem controlo e de baixo preço, só terão o acesso ao nosso mercado se cumprirem as mesmas exigências dos produtos nacionais.

Como a referida Directiva foi transposta para a legislação Portuguesa, pelos decretos-lei já referidos, a Marcação CE será condição obrigatória para que os produtos possam ser comercializados e utilizados. Será fundamental para que produtores, distribuidores e utilizadores (empresas) possam cumprir a Legislação Nacional. Deste modo para os agregados e adjuvantes para o betão e para os cimentos, passam a estar aplicáveis novas normas Europeias homologadas.

Segundo a Decisão 98/598/CE as especificações para os agregados a utilizar no betão deverão obedecer à EN 12620:2002 – “*Agregados para o betão*” e os adjuvantes deverão seguir a Norma NP EN 934-2 – “*Adjuvantes para o betão*”.

De acordo com a Decisões 97/555/CE as especificações para cimentos são:

- EN 197-1:2000 – *Cimentos correntes*
- EN 197-4:2004 – *Cimento de alto forno de baixa resistência inicial*;
- EN 413-1:2004 – *Cimento de alvenaria*;
- EN 14216:2004 – *Cimentos especiais de muito baixo calor de hidratação*;
- EN 14647:2005 – *Cimento de aluminato de cálcio*

O ligante hidráulico componente dos betões deve ser o cimento Portland CEM I ou Portland Modificado CEM II/A das classes 42.5 R ou 52.5 R. Foi retirado desta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE a referência ao CEM I 32.5 R pois segundo informações da CIMPOR já não é fabricado desde 2002. Em sua substituição é normalmente utilizado o CEM II/A 42.5 R. A especificação do LNEC E 464 define ainda que em condições ambientais agressivas (classes de exposição XS ou XA) deve utilizar-se um ligante de preferência do tipo CEM III, IV ou V das classes

32.5 ou 42.5. A referida Marca Nacional de Conformidade NP foi também substituída pela marcação CE.

Os tubos de betão pré-fabricados estão também enquadrados na DPC e como tal a Decisão 97/464/CE determina que as especificações a serem seguidas pelos mesmos são:

- EN 588-2:2001 – *Tubos de fibrocimento – Câmaras de visita*;
- EN 1433:2002 – *Canais de drenagem*;
- EN 1916:2002 – *Tubos e acessórios de betão*;
- EN 1917:2002 – *Câmaras de visita*.

A norma NP 879, referida no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE, que determinava as condições dos ensaios de compressão diametral encontra-se anulada e substituída pela norma Europeia EN 1916 – *Concrete pipes and fittings, unreinforced, steel fibre and reinforced*, que define no seu anexo C – “Test method for crushing strength”, as condições de realização do referido ensaio.

Esta nova norma define ainda no seu artigo 3.1.19. o modo de cálculo da nova classe de resistência (strength class) dos tubos de betão que é uma das informações que deverão estar presentes na marcação CE dos tubos tal como se pode verificar na figura 13.

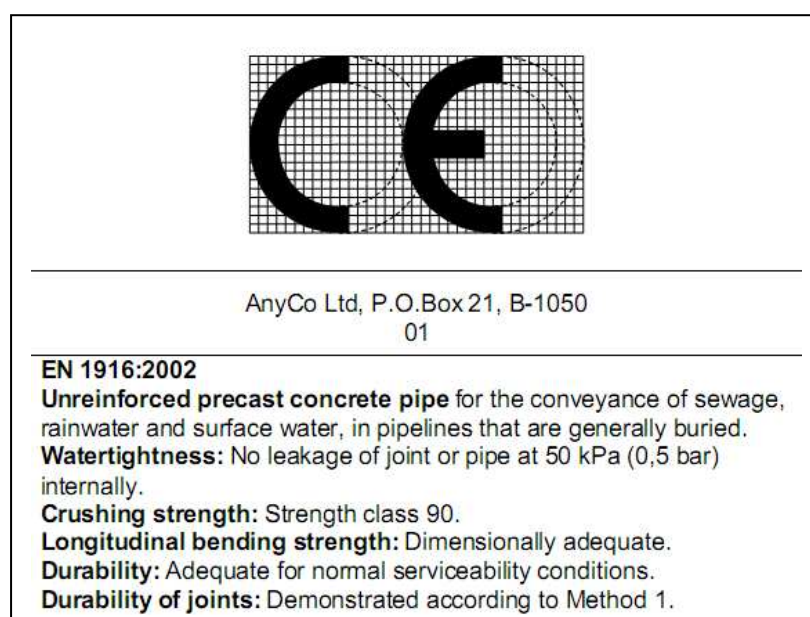


Fig.13 – Exemplo da informação da marcação CE para os tubos de betão [21]

Esta nova classe de resistência relaciona a força de rotura por compressão diametral (F_c) com o diâmetro (D_n) e com o comprimento (l) do tubo, de acordo com a fórmula 1.

$$C.R. = \frac{\frac{F_c(KN / m)}{l(m)}}{0,001 D_n(mm)} \quad (1)$$

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos da ex-JAE, nos quadros relativos às forças mínimas de ruptura por compressão diametral que os tubos de betão deverão obedecer, foram colocadas as novas classes relativas à EN 1916, mantendo-se também a antiga classificação ASTM que está ainda presente nos catálogos de alguns fabricantes. Para além disso foram acrescentados os tubos da classe V para diâmetros de 300 mm a 2500 mm e outras classes de I a V, que já são produzidos actualmente para uma maior gama de diâmetros. Para o efeito foram consultados os catálogos de vários fabricantes: Secil Pré-Betão, Neociprol, Sirollis, Cavan, João Salvador, Cimenteira do Louro, Farcimar, PresDouro e Betafiel. Todas as unidades referidas em kgf foram mudadas para N pois é uma unidade cientificamente obrigatória.

Em relação ao aço para estruturas em betão armado existem também recentes alterações das disposições legais vigentes. Segundo o Decreto-Lei nº 349-C/83, que declara a obrigatoriedade de seguirem as especificações do REBAP, os aços do tipo corrente para armaduras ordinárias a utilizar nas obras, devem ser obrigatoriamente classificados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Segundo o mesmo Decreto-Lei, a utilização de outros tipos de armaduras não correntes que não estejam enquadradas nas Especificações LNEC, deve ser obrigatoriamente antecipada pela sua homologação pelo LNEC.

Em qualquer dos casos todos os aços para armaduras ordinárias só podem ser colocados no mercado ou importados, após terem sido certificados por um organismo acreditado por uma entidade competente no domínio da acreditação, em conformidade com as metodologias do Sistema Português da Qualidade.

4.3.2. ESTABILIDADE ESTRUTURAL DOS TUBOS DE BETÃO

Para além do dimensionamento hidráulico das secções das PH's também é importante o estudo estrutural dos tubos de betão enterrados, que podem eventualmente romper devido às cargas a que estão sujeitos. Este dimensionamento estrutural aplica-se também aos colectores.

As principais causas da deficiente estabilidade das tubagens são:

- Largura excessiva da vala;
- Deficiente compactação do aterro;
- Assentamento inapropriado do tubo.

As solicitações nos tubos enterrados são geralmente devidas a:

- Peso próprio do tubo;
- Peso da água que se escoia;
- Pressão interior da água;
- Pressão hidrostática do aquífero;
- Sobrecargas de terras do aterro;
- Sobrecargas devidas a cargas fixas;
- Sobrecargas devidas a cargas móveis;
- Retracções devido a variações de temperatura e humidade;
- Reacções de apoio sobre o tubo.

A análise feita anteriormente é muito exaustiva. Na realidade as solicitações mais relevantes são as sobrecargas devido ao aterro, às cargas fixas e às cargas móveis.

O problema dos tubos enterrados foi inicialmente estudado por *Marston e Spangler*, que em 1913 publicaram o seu primeiro trabalho, “*The Theory of Loads on Pipes in Ditches and Tests of Cement and Clay Drain Tile and Sewer Pipe*”. Este trabalho foi a base para a publicação em 1951 da teoria de Marston e Spangler. Esta transformou-se na teoria clássica do cálculo da carga sobre tubos enterrados e os seus conceitos, teorias e orientações são até à actualidade a base do dimensionamento estrutural dos tubos.

Para o cálculo dos esforços causados pelas cargas de aterro esta teoria considera que a carga de solo actuante no tubo é a do prisma interior, majorada ou reduzida pelos efeitos das forças de atrito de solo adjacente. A figura 14, representando tubos em condições de vala, mostra o prisma de solo 1, situado directamente acima da tubulação, os prismas laterais adjacentes representados pela força F , e o solo de enchimento lateral 2. No caso dos tubos rígidos de betão a carga de aterro é majorada pelos efeitos das forças de atrito do solo pois o tubo não se deforma e o solo de envolvimento lateral desce e arrasta consigo pr atrito o prisma de solo que está sobre o tubo.

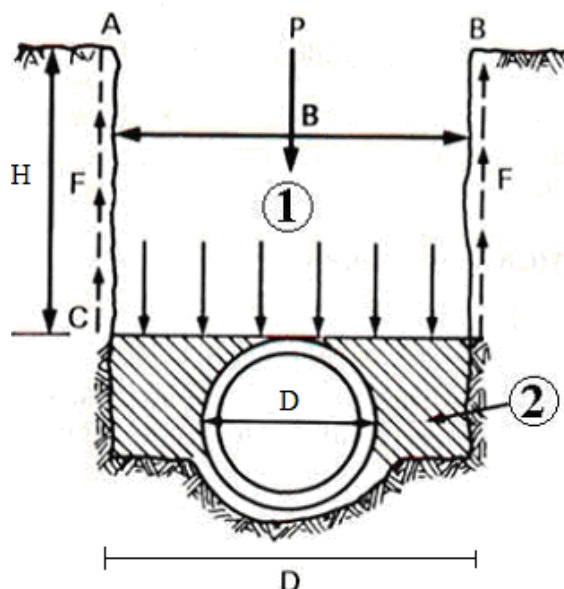


Fig.14 – Carga sobre os tubos enterrados [34]

É reconhecida a grande influência das condições construtivas das tubagens enterradas e como tal estas podem ser classificadas em dois tipos principais: valas ou aterros. A carga de terra pode ser calculada pelas fórmulas 2 ou 3 do referido autor, consoante se trate de colocação em vala ou aterro. Na situação de tubos em aterro estes estarão sujeitos à carga máxima, pois não haverá alívio de carga devido ao atrito nas paredes da vala.

$$\text{Instalação em vala} \quad W = 10C_v w B^2 \quad (2)$$

$$\text{Instalação em aterro} \quad W = 10C_a w D^2 \quad (3)$$

Em que:

W = esforço no tubo (kN /m);

C_v = coeficiente adimensional de carga para tubos instalados em vala, função de H/B (H é a altura da vala acima do topo do tubo) e da natureza do terreno do aterro;

C_a = coeficiente adimensional de carga para tubos instalados na condição de aterro, sendo função do tipo de solo, da profundidade da instalação e do diâmetro do tubo;

w = peso específico do material de enchimento da vala (kg/m^3);

B = largura da trincheira medida no topo do tubo (m);

D = diâmetro externo do tubo (m).

Das fórmulas de *Marston* pode concluir-se que a carga de terra sobre um tubo rígido na condição de vala é directamente proporcional à largura da vala no nível da geratriz superior do tubo, ou seja, um aumento da largura da vala acarreta um aumento da carga.

Entretanto esta relação não continua ilimitadamente. Acima de uma determinada largura de vala, mantendo-se constantes a profundidade da instalação e o diâmetro do tubo não haverá mais acréscimo de carga. Esta largura é chamada de “largura de transição”, sendo o valor limite para o uso da fórmula de *Marston* para a condição de vala. Face ao exposto, o cálculo da carga em tubos a partir da largura de transição deverá ser realizado usando a fórmula de *Marston* para tubos na condição de aterro. Tal como referido anteriormente, nesta situação o tubo estará sujeito à carga máxima, pois não haverá alívio de carga devido ao atrito nas paredes da vala.

Existem recentemente trabalhos que utilizaram a técnica dos elementos finitos para a análise do comportamento mecânico dos tubos enterrados destacando-se os trabalhos de *Brachman et al.*

Os tubos podem ainda estar sujeitos a cargas fixas permanentes que têm de ser adicionadas às cargas de terra. Nestes casos os esforços devidos às cargas fixas determinam-se a partir da fórmula 4 semelhante à de *Marston*.

$$W_Q = 10c_q B_q \quad (4)$$

Em que:

W_q = esforço no tubo devido à carga fixa (kN/m);

C_q = coeficiente adimensional;

q = carga fixa uniformemente distribuída (kg m^{-2}).

No caso de existirem cargas concentradas, a análise é mais elaborada e deverá ser feita com o recurso a métodos especiais da Mecânica dos Solos. De um modo simplista pode admitir-se a degradação da carga a $39^\circ 15'$ para terrenos argilosos e a 30° para terrenos arenosos.

Por último é necessário considerar as acções dinâmicas do trânsito que circula por cima das tubagens. A pressão resultante no solo devido a estas acções pode ser determinada a partir da expressão 5 que corresponde à integração de *Newmark* para a fórmula de *Boussinesk*.

$$W_p = K_q C_q P \quad (5)$$

Em que:

w_p = esforço no tubo devido à carga móvel (kN por metro linear de tubo);

K_d = coeficiente dinâmico adimensional (1,5 para estradas);

C_p = percentagem de carga duma roda que se transmite a um metro linear de tubo (m^{-1});

P = carga móvel concentrada de uma roda.

O esforço total por metro linear de tubo determina-se somando os três tipos de esforços descritos anteriormente, de acordo com a fórmula 6.

$$W_t = W + W_q + W_p \quad (6)$$

Em que:

W_t = esforço total por metro (kN/m);

W = esforço no tubo devido às cargas de aterro (kN/m);

W_q = esforço no tubo devido à carga fixa (kN/m);

W_p = esforço no tubo devido à carga móvel (kN/m).

A partir deste valor é possível escolher a classe do tubo que se adequará a situação em estudo. Por outro lado o valor do esforço poderá ser comparado com a resistência dos tubos utilizados de modo a que se possa determinar o tipo de assentamento mais favorável. Para o projectista, é possível com alguns cálculos chegar à melhor solução, jogando com a resistência dos tubos e com o tipo de assentamento.

A resistência à compressão axial dos tubos é uma das indicações fornecidas pelo fabricante, sendo determinada pelo ensaio de compressão diametral.

Quando se faz o dimensionamento é aconselhável introduzir um coeficiente de segurança (k_s) que depende de vários factores particulares de cada caso específico e do sentido crítico do projectista. É aconselhável um valor entre 1,2 e 2, sendo 1,5, na generalidade, um valor aceitável. A resistência do tubo é calculada pela fórmula 7 que introduz o referido coeficiente de segurança.

$$R_t = \frac{R}{K_s} \quad (7)$$

Em que:

R_t = resistência para o cálculo ($kN\ m^{-1}$)

R = resistência padrão, fornecida pelo fabricante ou normalizada ($kN\ m^{-1}$)

K_s = coeficiente de segurança

Para a escolha do tipo de assentamento é definido, consoante os valores de W_t e R_t , um factor de carga (f_w) determinado a partir da fórmula 8.

$$f_w = \frac{W_t}{R_t} \quad (8)$$

Em que:

f_w = factor de carga dependendo do tipo de assentamento do tubo.

W_t = esforço total por metro linear de tubo;

R_t = resistência para o cálculo (kN m^{-1})

Em função do f_w escolhe-se o tipo de assentamento que corresponde ao factor de carga imediatamente superior ao número calculado. No quadro 5 são apresentados os factores de carga em função de alguns tipos de assentamento. Os valores do quadro são válidos para uma largura igual a $(1,5 D + 300)$ mm com um mínimo de 600mm.

Quadro 5 – Factores de carga em função dos tipos de assentamento

Descrição genérica do tipo de assentamento	Factor de carga
Assentamento directo no terreno (não aconselhável)	1,1
Assentamento no terreno sobre $\frac{1}{4}$ do perímetro externo	1,5
Idem anterior, $\frac{1}{2}$ do perímetro externo	1,9
Assentamento sobre camada de material granular (Areia e gravilha), $\frac{1}{4}$ do perímetro externo	2,4
Idem anterior, betão vibrado	2,4
Completo envolvimento com betão	4,5

De forma indicativa, sob o ponto de vista da capacidade estrutural, as profundidades óptimas para colocação do tubo são de 1,25 m e 2,50 m, para terrenos argilosos e 2,00 m a 3,50 m, para terrenos arenosos.

É de salientar que o êxito de uma obra não depende apenas da elaboração de um bom projecto. São necessários particulares cuidados na fase de construção pois uma correcta análise estrutural não é suficiente, e podem existir problemas devido a processos construtivos inadequados. Está comprovado que todos os acidentes, verificados em instalações de tubos, estão de alguma forma e invariavelmente relacionados com deficiências de execução. Uma passagem hidráulica ou um colector destruído podem desencadear problemas sérios e consideravelmente dispendiosos, para além dos acidentes fatais que podem envolver. Enquanto não se tomar consciência da importância de uma execução cuidada pouco se poderá aproveitar as potencialidades estruturais dos tubos.

4.3.3. CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO, ASSENTAMENTO E INSTALAÇÃO DAS TUBAGENS

Os tubos que constituem as passagens hidráulicas podem ser instalados em valas ou sobre a fundação executada sobre o terreno natural. A primeira técnica utiliza-se em zonas de escavação ou de aterro quando não se prevejam problemas de drenagem natural durante a fase de obra. A segunda é utilizada nos casos em aterro, em particular quando os diâmetros das passagens hidráulicas obrigam à abertura de valas de grande largura, situações nas quais a realização do aterro com posterior escavação da vala se tornaria muito desfavorável economicamente, apesar dos benefícios na qualidade de execução.

Quando a fundação é executada em material rochoso deverá ser feita uma sobreescavação que permita a realização de uma camada regular para assentamento das tubagens pois os materiais rochosos são muito irregulares. O mesmo será feito no caso de solos sem capacidade de suporte nos quais se deverá fazer uma sobreescavação até se encontrar terreno firme, num máximo de 0,5m, que posteriormente será preenchida por camadas de 0,20 m de material granular compactadas. Quando o estudo geológico-geotécnico preveja a necessidade de um aprofundamento superior a 0,5m, o enchimento correspondente será efectuado com betão ciclópico. O leito para assentamento das tubagens deverá ser estável e resistente desprovido de pontos duros e com consistência pouco variável.

Para as tubagens em betão existem dois tipos de assentamento, A e B (figura 15), definidos pela Normas da JAE.

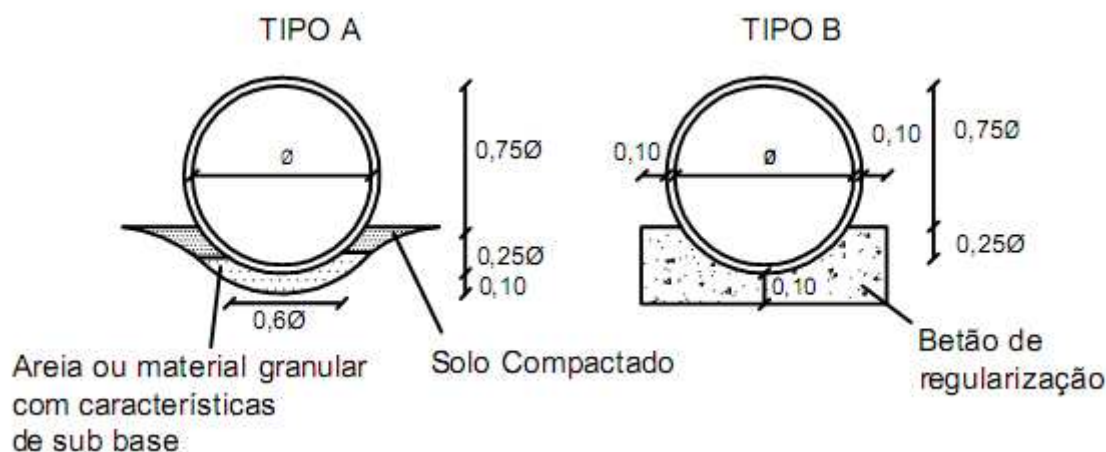


Fig.15 – Tipos de assentamentos para tubos de betão [35]

No **tipo A** as tubagens são assentes sobre um leito de areia ou outro material granular insensível à água com características de sub-base com $D_{máx.} < 31,5$ mm. Deste modo garante-se um apoio perfeito da geratriz e da superfície inferior dos tubos, assegurando-se um adequado confinamento e evitando-se o contacto com elementos rígidos da fundação e consequentemente, a possível rotura ou danificação dos tubos por concentração de tensões na área de contacto (punção).

No **tipo B** as tubagens são assentes sobre um coxim de betão tipo C12/15 que deverá ter as dimensões indicadas no projecto. No entanto, a sua espessura não pode ser inferior a 0,10 m e deve acompanhar a curvatura da tubagem até uma altura igual a pelo menos um 1/4 do seu diâmetro. Este procedimento tem como objectivo aumentar a capacidade de carga dos tubos e/ou a solucionar problemas consequentes de condições de fundação deficiente. Utiliza-se, portanto, sob aterros altos ou muito baixos, onde as cargas transmitidas respectivamente pelos aterros ou pelo tráfego, são muito elevadas, e/ou ainda, em situações onde as condições de fundação são más. Em todos os casos a finalidade é

impedir a deformação transversal dos tubos, conferindo-lhe assim uma maior capacidade resistente e evitando também assentamentos diferenciais.

A largura da vala deverá ser superior à largura da tubagem, de modo a permitir que uma pessoa possa estar no seu interior. Essa largura adicional depende do diâmetro e deve ser maior à medida que a profundidade da vala seja maior do que 2m. Na figura 16 está esquematizado o assentamento tipo B, em vala, de uma tubagem em betão, com as dimensões recomendadas. Após a instalação da tubagem será feito um recobrimento com altura mínima de uma vez e meia o diâmetro da tubagem. Antes disso e até uma altura de 0,10 m acima da geratriz do tubo é feita uma compactação com material cirandado.

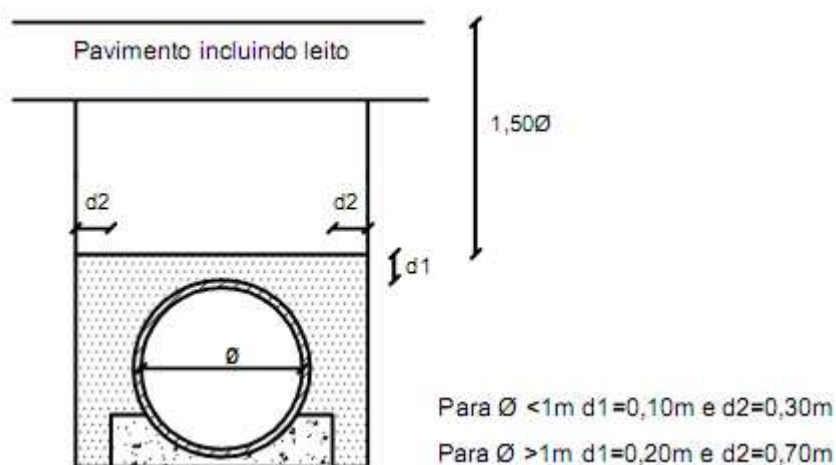


Fig.16. – Instalação de tubagens de betão em vala [35]

Quando a tubagem é assente sobre o solo de fundação (sem a realização de vala) é feito, posteriormente ao assentamento, o aterro técnico em condições especiais descritas no Caderno de Encargos. Na figura 17 está esquematizado o assentamento tipo B em aterro, de uma tubagem em betão com as dimensões recomendadas.

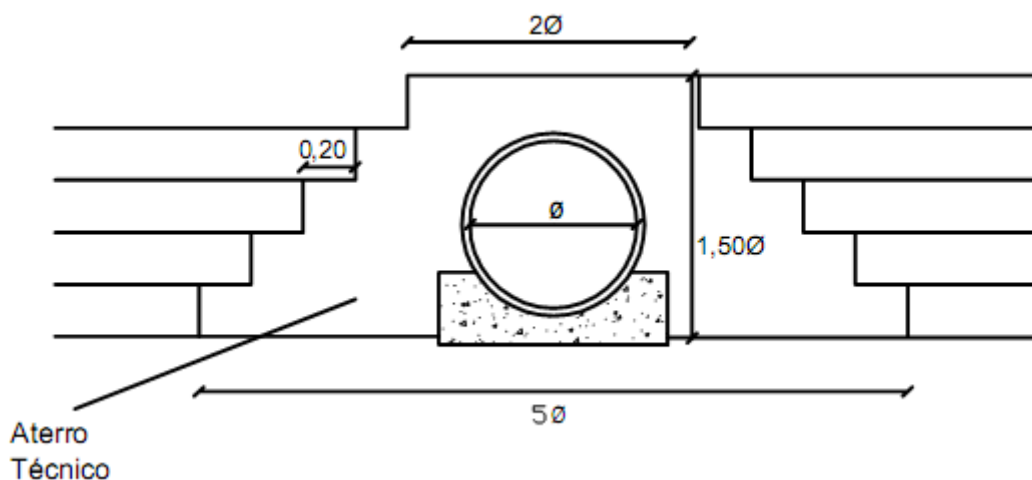


Fig.17 – Aterro Técnico [35]

Nas PH's metálicas o assentamento será executado sobre uma camada em material granular satisfazendo ao especificado para os materiais com características de sub-base. A espessura mínima desta camada será de 0,30 m a 0,5m, consoante a capacidade de suporte da fundação, e terá uma largura de:

- 2D no caso de secções circulares (sendo D o diâmetro da tubagem);
- $L + 2,0$ m no caso de secções abobadadas (sendo L a largura máxima da secção).

Segundo especificações de alguns fabricantes a estrutura poderá eventualmente ser colocada directamente sobre o solo de fundação, se este possuir capacidade de suporte adequada, com consistência uniforme e regular. Porém é mais aconselhável e seguro efectuar uma camada de leito de pelo menos 0,10m de material granular.

Sobre o aterro será feito um recobrimento de forma a proteger o tubo do efeito das cargas, minorando o impacto e distribuindo as cargas. A espessura do recobrimento será a definida no projecto.

Em relação a estas tubagens metálicas foram introduzidas neste Caderno de Encargos algumas modificações ao da ex-JAE pois os processos construtivos estavam escassos e pouco claros.

4.4. VALETAS E VALAS

As valetas e valas são canais que se desenvolvem longitudinalmente e paralelamente ao eixo da via, com secção e tipo de revestimento variável, de acordo com a função no sistema de drenagem elaborado.

Os tipos de valetas e valas são os indicados no quadro 6.

Quadro 6 – Tipos de valetas e valas

Valetas	Valas
– De plataforma laterais	– De crista de talude
– De plataforma em separador	– De pé de talude
– De bordadura em aterro	
– De banquetas	

As **valetas de plataforma laterais** são canais geralmente de secção triangular, trapezoidal ou semicircular e que podem ser ou não revestidos com betão. O seu revestimento pode estar associado a condicionamentos geométricos ou geotécnicos especiais e é realizado sempre que as características geométricas do perfil longitudinal façam prever a erosão dos materiais da escavação (inclinações superiores a 4% em solos) ou a falta de capacidade de transporte do escoamento (inclinações inferiores a 1%). São colocadas entre as bermas e os taludes de escavação e destinam-se a recolher a águas superficiais caídas sobre a plataforma da estrada e sobre os taludes de escavação.

As **valetas de plataforma em separador central** são canais geralmente de secção triangular, semicircular ou rectangular, revestidos com betão. São colocadas no separador central, nos seus limites ou no meio, dependendo do tipo de dimensões do separador e da sobrelevação das faixas de

rodagem. As caleiras de rasgo superior contínuo com colector adaptado são normalmente associadas aos separadores centrais rígidos New Jersey's. Este tipo de órgãos de drenagem destinam-se a recolher as águas superficiais que caem no separador central ou então que drenam para este, devido à sobrelevação das faixas de rodagem.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE estas valetas não foram consideradas pois as estradas em estudos não contêm separador central e consequentemente não se aplica a execução deste tipo de valetas.

As **valetas de bordadura** são canais geralmente de secção semicircular, revestidos com betão. São colocadas no limite da berma da plataforma da estrada em zonas de aterro localizando-se na concordância com o talude. Deste modo evita-se a erosão dos taludes de aterro impedindo o escoamento das águas caídas na plataforma para os mesmos.

As **valas de banqueteta** são canais com secção triangular não revestida, geralmente executadas em rocha, quando o maciço não se encontra fracturado nem apresenta riscos de instabilidade, devendo garantir-se uma inclinação transversal mínima de 4%. Nos restantes casos a secção será trapezoidal ou semicircular com revestimento em betão evitando-se assim que não haja qualquer tipo de infiltração que poderá conduzir à instabilidade do talude. São colocadas na intercepção dos planos de um talude de escavação e de uma banqueteta. Têm como finalidade a recolha das águas que caem do talude e directamente na banqueteta. É preferível que as valas de banqueteta sejam moldadas "in situ" mas quando forem utilizados elementos pré-fabricados o seu assentamento deverá ser feito em massame de betão contínuo.

As **valas de crista de talude** são canais geralmente de secção triangular, trapezoidal ou semicircular, geralmente revestidos com betão. São colocadas no topo dos taludes de escavação com a finalidade de interceptar as águas de superfície provenientes dos terrenos adjacentes que escorreriam sobre o talude com consequentes riscos de erosão e instabilidade do mesmo. Assim, do mesmo modo do referido nas valas de banqueteta apenas devem ser não revestidas na situação indicada e devem preferencialmente ser moldadas "in situ".

As **valas de pé de talude** são canais geralmente de secção trapezoidal, revestida ou não com betão, enrocamento ou enrocamento argamassado. A secção pode ainda ser semicircular com revestimento em betão. São colocadas na base dos taludes de aterro e têm como finalidade evitar que as águas provenientes da plataforma da estrada e dos taludes de aterro sejam escoadas nos terrenos limítrofes. Por outro lado evitam também que as águas superficiais escoadas sobre o terreno natural sejam drenadas para a base do talude devido à inclinação do mesmo.

4.5. DRENOS DE PLATAFORMA (LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS)

Os drenos de plataforma podem ser do tipo tradicional ou constituídos por écrans drenantes em elementos pré-fabricados.

Os drenos tradicionais são realizados numa vala preenchida por materiais granulares envolvidos em geotêxtil, dispondo de um tubo de escoamento em betão perfurado ou PVC. Existem vários tipos:

- Drenos longitudinais de rebaixamento do nível freático;
- Drenos longitudinais de intercepção;
- Drenos transversais.

Os **drenos longitudinais de rebaixamento do nível freático** (figura 18) são construídos sob as valetas revestidas e tem como principal objectivo eliminar a presença de água a cotas próximas do

leito do pavimento pois essas variações do estado hídrico reduzem a sua capacidade de suporte. Estes drenos reportam-se a águas que se situam a níveis tendencialmente mais baixos do que as camadas granulares. Estas podem, no entanto, subir ou encharcar por capilaridade a fundação do pavimento.

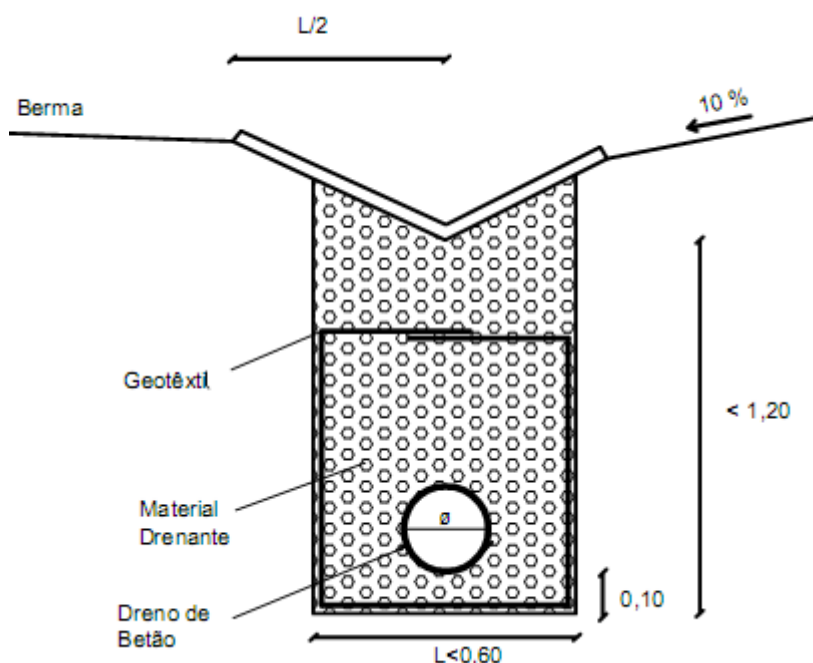


Fig.18 – Dreno longitudinal de rebaixamento do nível freático [35]

Os **drenos longitudinais de interceptação** são do mesmo tipo dos anteriores mas têm como finalidade garantir a drenagem interna dos pavimentos e a interceptação de eventuais águas subterrâneas de modo a evitar, mais uma vez, as alterações do estado hídrico dos solos de fundação com consequências ao nível da boa capacidade estrutural do pavimento. As águas perigosas são neste caso tendencialmente as de infiltração. A sua constituição é idêntica à do dreno longitudinal de rebaixamento do nível freático apresentado na figura 18 apenas com a diferença de que deve ser colocada uma camada impermeável para regularização do fundo da vala e assentamento do colector.

Os **drenos transversais** são executados sob o leito do pavimento com viés relativamente ao eixo. São responsáveis pela evacuação para os drenos longitudinais de águas que chegam pontualmente à plataforma, pelo que são localizados nas zonas de transição de escavação para aterro ou noutras zonas de transição longitudinal, onde a compactação tenha sido forçosamente de inferior qualidade. A constituição é idêntica à dos drenos longitudinais de interceptação mas não possui tubo de escoamento.

Os **écrans drenantes** podem ser constituídos por elementos pré-fabricados ou por material granular envolvido por geotêxtil.

Quando pré-fabricados são compostos por dois panos de geotêxtil que envolvem uma armadura de plástico rígido formando uma alma drenante que pode dispor de um colector associado. A alma drenante terá altura mínima de 0,50 m. O ecrã será instalado no limite do pavimento a 0,50 m do limite interior da guia, a uma profundidade tal que garanta a localização do limite superior da alma drenante 0,10 a 0,20 m no interior das camadas do leito do pavimento ou granulares, de acordo com o definido no projecto.

Quando executados “in situ” são constituídos por material granular envolvido por geotêxtil podendo dispor também de colector. O equipamento próprio faz de um modo contínuo a abertura da vala, o revestimento com geotêxtil e o preenchimento com material drenante. Estes drenos são colocados sempre no limite do pavimento para que captem as águas de infiltração provenientes da estrutura do pavimento, da sua fundação e da berma. Podem também estar associados aos drenos de rebaixamento ou de intercepção referidos anteriormente. Devido ao facto de serem menos largos, este tipo de drenos é particularmente indicado para obras de beneficiação que são constantemente realizadas nas Estradas Municipais em estudo.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos da JAE foram actualizadas as normas às quais os ensaios aos geotêxteis devem seguir. Além disso todas as unidades referidas em kgf foram mudadas para N pois é uma unidade cientificamente obrigatória.

4.6. CAMADA DRENANTE SOB O PAVIMENTO

A **camada drenante** é uma camada de material granular associada a geotêxtil que é colocada abaixo do pavimento, entre este e a camada de base. O seu objectivo primordial é defender o pavimento das águas, devido à precipitação pluviométrica e às águas provenientes dos lençóis subterrâneos. A presença dessas águas no leito pode causar sérios danos à estrutura do pavimento. Esta camada drena as águas infiltradas para fora da plataforma da estrada estendendo-se até aos drenos longitudinais. É usada normalmente em alternativa aos drenos transversais, e sempre que a dimensão ou a proximidade das nascentes o justifique.

O material drenante deverá obedecer ao fuso granulométrico definido no Caderno de Encargos.

Em relação aos geotêxteis, além dos cuidados normais para sua escolha e dimensionamento como filtro-separador, quando instalados entre camadas estruturais sujeitas à carga de tráfego, deverá ter-se em atenção a sua resistência à tracção, ruptura ao punçamento, permissividade e a porometria. Estas características devem ser determinadas em ensaios e cumprir os valores limite definidos no Caderno de Encargos. Nesta adaptação ao Caderno de Encargos da JAE foram actualizadas as normas às quais os ensaios em geotêxteis devem seguir.

A necessidade de evitar a contaminação da camada e o facto de ser indispensável garantir a deformabilidade mínima do leito do pavimento, obriga ao revestimento completo da camada com geotêxtil compatível, de modo a garantir um adequado confinamento.

O geotêxtil inferior será assente sobre o terrapleno depois da preparação do terreno. O espalhamento do material drenante deverá ser feito recorrendo à técnica de deposição em cordão. O geotêxtil de recobrimento da camada drenante deverá ser colocado imediatamente antes da realização da camada sobrejacente.

Em todo este procedimento deverão ser tomados todos os cuidados de modo a não danificar o geotêxtil, que é um material bastante sensível, de modo a que ele cumpra da maneira mais eficaz todas as funções às quais foi destinado.

4.7. COLECTORES (LONGITUDINAIS E DE EVACUAÇÃO LATERAL)

Os **colectores** são os elementos que asseguram o transporte das águas superficiais recolhidas pelos restantes dispositivos de recolha.

Existem colectores longitudinais desenvolvendo-se ao longo do traçado, paralelamente ao eixo e colectores transversais que permitem a ligação entre os colectores longitudinais de cada um dos lados da estrada.

Os tubos são normalmente em betão podendo eventualmente utilizar-se tubos em PVC.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE para os tubos em betão foram mudadas as suas classes, de modo a que pudessem equivaler às determinadas pela já citada norma Europeia EN 1916 e foram também acrescentadas classes, tal como feito anteriormente para os tubos de betão para PH's.

Para além disso desenvolveu-se uma maior pormenorização dos processos construtivos associados a execução de colectores, que no Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE estavam remetidos para a execução de passagens hidráulicas e que na visão do autor têm características particulares devido às suas menores dimensões.

Os colectores deverão ser sempre instalados em valas, mesmo que seja necessário realizar o aterro e posteriormente a escavação para a sua colocação. Estes são constituídos por tubos de pequenos diâmetros e como tal as valas não terão uma grande largura, não sendo este procedimento muito desfavorável economicamente. Assim, este procedimento será vantajoso em termos qualitativos.

Na presença de solos de fundação com pouca capacidade de suporte ou em material rochoso deverão ser executados os mesmos procedimentos descritos para a fundação das passagens hidráulicas em betão.

Os tipos de assentamento das tubagens serão os tipos A e B definidos em 4.3.3. (figura 15).

Quando o solo possuir boa capacidade resistente, regularidade e não apresente diferenças de consistência poderá ser considerada a colocação da tubagem sem os assentamentos descritos, apenas sobre uma camada de areia de 0,10m.

Posteriormente será feito o enchimento da vala que deverá garantir um recobrimento mínimo de 1m acima do tubo de modo a que as cargas verticais que atingem o tubo não o danifiquem. Esta profundidade pode ser reduzida nos passeios e em ruas estreitas de zonas urbanas antigas que não permitam o trânsito de volume de veículos significativos com vista a facilitar a execução das obras.

Nas primeiras duas camadas de enchimento que deverão ter espessura de 0,2m serão usados solos cirandados. A partir daí será completado o enchimento com solos provenientes da escavação da própria vala desde que isentos de pedras, matéria orgânica e material inconsistente. É necessário um cuidado especial na compactação do material adjacente ao tubo só devendo ser utilizados meios de compactação mecânicos após uma altura que não prejudique a integridade do tubo.

4.8. ÓRGÃOS COMPLEMENTARES DE DRENAGEM

Os órgãos complementares de drenagem são todos aqueles que articulam e interligam os diversos elementos do sistema de drenagem superficial de modo a possibilitar um funcionamento integrado entre estes. São eles:

- Caixas de visita ou queda;
- Sumidouros e sarjetas;
- Caixas de limpeza e de evacuação lateral;
- Caixas de recepção, ligação ou derivação;
- Descidas em talude;

- Bacias de dissipação;
- Dissipadores de energia e descidas de talude;

As **câmaras de visita** possibilitam acesso aos colectores para operações de limpeza e inspecção. Aliada a essa função são utilizadas para estabelecer pontos de mudança de direcção dos colectores e para estabelecer a ligação dos mesmos.

Sendo assim devem ser instaladas:

- Na confluência dos colectores;
- Nos pontos de mudança de direcção, de inclinação e de diâmetro dos colectores;
- Nos alinhamentos rectos, com afastamento máximo de 50 m.

A secção mais correntemente utilizada é a circular com anéis pré-fabricados de betão mas também podem ter secção rectangular e ser moldadas “in situ” (técnica pouco utilizada). São constituídas pelos seguintes elementos:

- Soleira: formada geralmente por uma laje de betão que serve de fundação às paredes
- Corpo: formado pelas paredes com disposição em planta circular ou rectangular;
- Cobertura: plana ou tronco-cónica assimétrica com uma geratriz vertical na continuação do corpo para facilitar o acesso;
- Dispositivo de acesso: formado por degraus encastrados;
- Dispositivo de fecho resistente.

Podem dispor ainda de rasgos laterais ou na tampa, funcionando também como sumidouros.

Os **sumidouros/sarjetas** são dispositivos de recolha das águas superficiais escorridas na superfície do pavimento e são instalados junto a lancis ou separadores elevados tendo em vista a condução das águas superficiais a uma rede de colectores enterrados. São constituídos por câmaras de pequena dimensão, com tubagem, que estabelece a referida ligação aos colectores. Os sumidouros são dispositivos com entrada superior das águas e que implicam necessariamente a existência de uma grade que permita a entrada da água sem prejudicar a circulação rodoviária. São usualmente implantados no pavimento da via pública. As sarjetas são dispositivos com entrada-lateral das águas de escorrência superficial normalmente instaladas no passeio da via pública.

As **caixas de limpeza/evacuação lateral** são construídas nas caleiras longitudinais evacuando os caudais recolhidos através da ligação aos colectores enterrados e possibilitando a inspecção e limpeza das caleiras.

As **caixas de recepção, ligação ou derivação** são um conjunto de elementos indispensáveis à ligação entre as valas de cristas, valetas de banqueta, valetas de plataforma e descidas em talude.

As **descidas em talude** permitem a ligação transversal entre os diversos elementos lineares do sistema devido a razões topográficas ou quando um determinado elemento tenha a sua capacidade de vazão escoada e não se justifique a alteração da sua secção sendo preferível diminuir o caudal escoado por este. As descidas são estabelecidas sobre os taludes de aterro ou escavação constituindo linhas de escoamento transversal que ligam valas de crista a valetas de plataforma e valetas de bordadura de aterro a valas de pé de talude. São constituídas por canais geralmente de secção semicircular podendo também ser triangulares ou trapezoidais. Devido ao facto de serem instalados nos taludes deverão ser tomados cuidados especiais na sua construção que evitem a infiltração e consequente instabilização dos taludes em que são assentes. Além disso têm normalmente grande inclinação longitudinal que leva a velocidades de escoamento elevadas. Por estes motivos é preferível optar pela moldagem “in situ” e nos casos em que se utilizem elementos pré-fabricados estes devem ser assentes em massame de betão

em contínuo. Tem vindo a ser muito utilizada a técnica de execução com secção trapezoidal, em peças prefabricadas com encaixe, dispondo de sobreposição e estabelecendo um degrau. Esta solução é preferível pois por um lado o sistema de encaixe e sobreposição permite uma boa adaptação às eventuais deformações do talude, e por outro os degraus constituem uma macrorugosidade que garante desde logo uma dissipação de energia ao longo do escoamento. Dispensa ainda a fundação de betão em contínuo para fazer o assentamento das peças prefabricadas.

As **bacias de dissipação** destinam-se à absorção de energia em escoamentos onde as velocidades são elevadas e podem causar a erosão dos terrenos naturais próximos da estrada. São sobretudo indicadas nas saídas de passagens hidráulicas quando as velocidades são próximas dos limites máximos admitidos para o tipo de terreno.

Os **dissipadores de energia em descida de talude** são colocados ao longo do seu percurso ou no seu final, em taludes de aterro quando não existe ligação a valas de pé de talude. Pretendem criar pontos de perda de energia ao longo do escoamento ou no seu final, em descidas de talude de aterro, de modo a evitar que o escoamento seja conduzido para os terrenos naturais com velocidades elevadas causando a erosão dos mesmos.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE foram acrescentados alguns pormenores construtivos aos órgãos complementares de drenagem referidos.

4.9. ÓRGÃOS OU TRABALHOS ACESSÓRIOS NO SISTEMA DE DRENAGEM

Estes trabalhos referem-se à execução dos órgãos de drenagem que normalmente não fazem parte dos sistemas de drenagem e que por isso só ocorrem casualmente e em condições particulares específicas. Não deixam porém de ser indispensáveis como acessórios do sistema principal. Estão incluídas nestes órgãos ou trabalhos:

- Continuidade de valetas sob serventia;
- Revestimento de valas de grande secção;
- Limpeza de aquedutos;
- Demolição de elementos do sistema de drenagem existente.

Estes trabalhos poderão ter muita representatividade nas estradas em estudo, que possuem meios de drenagem com capacidade insuficiente, bastante degradados e que são correntemente alvo de obras de beneficiação e reparação. Geralmente não é dada a devida atenção ao estado destas estradas que na maioria das vezes são negligenciadas em detrimento de outras vias principais de maior porte.

A continuidade de valetas sob serventia permite o perfeito funcionamento do sistema de drenagem. A execução é em tudo semelhante à execução de valetas e valas.

Para o revestimento de valas de grande secção é necessário ter em conta os procedimentos de escavação de valas que são em tudo aplicáveis aos princípios e métodos definidos nas terraplenagens.

A limpeza de aquedutos é muito corrente em obras de beneficiação e grande reparação, correspondendo à execução da limpeza de aquedutos existentes com a finalidade de lhes conferir a secção de vazão original. Será feita por métodos manuais ou com meios mecânicos conforme a sua dimensão.

A demolição de elementos do sistema de drenagem existente é imprescindível para permitir o prolongamento de aquedutos, ou a adaptação do sistema devido a obras de beneficiação. Foram

acrescentados a esta adaptação ao Caderno de Encargos da ex-JAE alguns pormenores na sua execução.

4.10. CONTROLO DA QUALIDADE

De acordo com o mesmo critério seguido no capítulo de Terraplenagens desta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE também o controlo de qualidade relativo à drenagem foi colocado no respectivo capítulo.

Este controlo de qualidade compreende sobretudo a verificação das especificações dos materiais para utilização nos drenos (geotêxteis, material drenante e material para recobrimento), dos tubos de betão e dos geotêxteis utilizados na camada drenante.

Este capítulo foi alterado de modo a que se ajustasse às novas exigências decorrentes da Directiva Comunitária dos Produtos de Construção. As alterações foram feitas com base na Directivas 89/106/CE e 93/68/CEE e Decreto-Lei n.º 4/2007. De acordo com o artigo 3.º do referido Decreto-Lei, *os produtos a serem incorporados no mercado devem revelar-se aptos ao uso para que se destinam, apresentando características tais que as obras em que venham a ser incorporados, quando convenientemente projectadas e construídas, possam satisfazer as exigências essenciais a que as obras devem obedecer:*

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança contra incêndios;
- Higiene, saúde e Ambiente;
- Segurança na utilização;
- Protecção contra o ruído;
- Economia de energia e retenção de calor.

Para a sua implementação a DPC possui um conjunto de instrumentos que são:

- Especificações Técnicas Harmonizadas;
- Organismos Notificados e Organismos de Aprovação;
- Sistemas de Avaliação de Conformidade;
- Marcação CE.

As especificações técnicas harmonizadas são as especificações técnicas necessárias para a marcação CE. Dividem-se em Normas Europeias Harmonizadas e Aprovações Técnicas Europeias.

Uma **Norma Europeia harmonizada** é uma Norma Europeia preparada pelo CEN, sob mandato da Comissão Europeia, com o objectivo de cumprir as exigências essenciais da DPC. Estas normas são características de produto contendo, na maioria dos casos, partes não-harmonizadas relativas às características dos produtos não regulamentadas em nenhum Estado-membro. Por esse motivo, em todas as normas harmonizadas elaboradas no âmbito da DPC inclui-se um anexo informativo ZA, cuja primeira parte, designada ZA.1, identifica os requisitos objecto de regulamentação e as cláusulas da norma onde eles são tratados, constituindo assim a parte harmonizada da norma a partir da qual a marcação CE é atribuída. As referências das Normas Europeias harmonizadas vão sendo objecto de publicação no Jornal Oficial da União Europeia (JOUE), nomeadamente em português, inglês e francês.

A **aprovação técnica Europeia** (ETA – European Technical Approval) é concedida a um produto quando não existe nenhuma Norma Europeia Harmonizada que se aplique a ele. Consiste numa apreciação técnica, favorável da aptidão ao uso de um produto, estabelecida com base nas exigências

essenciais das obras de construção onde esse produto seja incorporado. São aplicadas fundamentalmente aos produtos inovadores. Em Portugal é ao LNEC a quem se confere essa responsabilidade.

A colocação dos produtos no mercado depende da certificação da conformidade do produto e da declaração de conformidade do produto. A avaliação da conformidade dos produtos da construção é constituída por seis sistemas de avaliação 1+, 1, 2+, 2, 3 e 4. Estes sistemas são constituídos por vários métodos de avaliação da conformidade que são combinados entre si com base nas especificações técnicas necessárias para a marcação CE. Esses sistemas são caracterizados no quadro 7. O sistema de avaliação da conformidade para cada produto é decidido pela Comissão Europeia e essa escolha depende:

- Das consequências da falha do produto;
- Efeito da variabilidade na utilização;
- Susceptibilidade de defeitos na fabrica;
- Natureza do produto.

Intervêm nos sistemas de avaliação da conformidade organismos notificados que podem ser de três tipos:

- Organismos de certificação;
- Organismos de inspecção;
- Laboratórios de ensaio.

Os organismos notificados de avaliação da conformidade são entidades qualificadas designadas pelos Estados Membros à Comissão Europeia, para intervir nos sistemas de avaliação da conformidade com as especificações técnicas previstas na Directiva dos DPC. Em Portugal os organismos são qualificados pelo Instituto Português da Qualidade e preferencialmente acreditados pelo organismo nacional de acreditação, no âmbito do Sistema Português da Qualidade (SPQ).

Pela análise do quadro 7 podemos verificar que apenas no sistema 4 a responsabilidade das tarefas a realizar é exclusivamente do fabricante.

O controlo interno da produção é comum a todos os sistemas devendo ter um carácter permanente e da responsabilidade do fabricante. Todos os sistemas integram também ensaios de tipo iniciais, a cargo do fabricante ou de um Organismo Notificado.

Os procedimentos incluem uma declaração de conformidade emitida pelo fabricante. Essa declaração de conformidade é feita com base num certificado do produto emitido por um organismo notificado ou por um certificado de conformidade do controlo interno da produção emitido também por um organismo certificado.

Quadro 7 – Sistemas de avaliação da conformidade

Sistema	Tarefas do fabricante	Tarefas do organismo notificado	Base para a marcação CE
1+	<ul style="list-style-type: none"> – Controlo interno da produção – Ensaio de amostras segundo programa prescrito 	Certificação do produto com base em: <ul style="list-style-type: none"> – Ensaio de tipo iniciais – Inspeção inicial de controlo interno da produção – Acompanhamento permanente do controlo interno da produção – Ensaio aleatório de amostras 	Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do produto
1	<ul style="list-style-type: none"> – Controlo interno da produção – Ensaio de amostras segundo programa prescrito 	Certificação do produto com base em: <ul style="list-style-type: none"> – Ensaio de tipo iniciais – Inspeção inicial de controlo interno da produção – Acompanhamento permanente do controlo interno da produção 	
2+	<ul style="list-style-type: none"> – Ensaio de tipo inicial – Controlo interno da produção – (Ensaio de amostras segundo programa prescrito) 	<ul style="list-style-type: none"> – Certificação do controlo interno da produção com base numa inspeção inicial e no acompanhamento permanente desse controlo 	Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do controlo interno da produção
2	<ul style="list-style-type: none"> – Ensaio de tipo inicial – Controlo interno da produção – (Ensaio de amostras segundo programa prescrito) 	<ul style="list-style-type: none"> – Certificação do controlo interno da produção com base numa inspeção inicial 	
3	<ul style="list-style-type: none"> – Controlo interno da produção 	<ul style="list-style-type: none"> – Ensaio de tipo iniciais 	Declaração de conformidade pelo fabricante
4	<ul style="list-style-type: none"> – Ensaio de tipo iniciais – Controlo interno da produção 		

A marcação CE garante que os produtos estarão aptos ao uso estando de acordo com as especificações técnicas e garantindo a satisfação das exigências referidas anteriormente quando aplicados em obra. É obrigatória quando:

- Os produtos estejam destinados a serem incorporados ou utilizados de forma permanente na obra;
- Os produtos estejam colocados no mercado comunitário;
- Existam normas harmonizadas (NA), aprovações técnicas europeias (ATA ou ATAG) ou especificações técnicas nacionais referenciadas no Jornal Oficial da União Europeia.

Os produtos de construção para os quais não for necessária a marcação CE devem apresentar certificação da sua conformidade com especificações técnicas em vigor em Portugal. Nos restantes casos os produtos deverão possuir homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Neste Caderno de Encargos o tipo e frequência dos ensaios não foram alterados. Modificaram-se apenas as normas às quais a realização dos ensaios devem obedecer pois encontravam-se desactualizadas. A maioria das especificações do LNEC referidas no Caderno de Encargos da JAE são muito antigas, estando actualmente anuladas e substituídas por Normas Europeias devido as novas exigências dos produtos que foram já abordadas anteriormente. O nome de alguns ensaios também foi alterado devido à modificação na norma mas as características que pretende determinar são exactamente as mesmas.

5

PAVIMENTAÇÃO

5.1. PREÂMBULO

O pavimento rodoviário é considerado como um sistema multi-estratificado composto por estruturas laminares de espessura finita que se apoiam continuamente na superfície final da terraplenagem. Esta superfície corresponde ao leito do pavimento que é construído com a finalidade de aumentar a capacidade de suporte da fundação e homogeneizar as suas características resistentes para assentamento do pavimento.

Numa rede rodoviária o pavimento constitui a infra-estrutura mais importante, sendo aquela que suporta directamente as acções mais severas, quer do tráfego quer do clima. A acção do tráfego, para efeitos de dimensionamento, pode ser considerada basicamente como uma pressão vertical aplicada na superfície do pavimento causada pelo peso dos veículos. Esta tensão admite-se uniforme e aplicada numa área circular correspondente à área de influência dos rodados. As acções climáticas, resultantes da variação de temperatura e da água, têm uma influência importante especialmente nos pavimentos com uma forte componente de misturas betuminosas e camadas granulares. A variação da temperatura do ar vai influenciar a temperatura das camadas que é proporcional à rigidez das mesmas. Um aumento de temperatura vai diminuir a rigidez das camadas betuminosas aumentando as deformações. A acção da água é determinante para a resistência do solo de fundação e das camadas granulares. Quanto maior é o seu teor em água menor é a sua capacidade resistente.

A função primordial do pavimento é fornecer uma superfície de rolamento que possibilite a circulação de veículos de uma forma cómoda, segura e económica, em quaisquer condições climáticas e durante toda a sua vida útil. A qualidade funcional é aquela que é captada directamente pelos utilizadores e esta relacionada com o conforto e segurança na circulação, reflectindo-se nas qualidades anti-derrapantes, ópticas e acústicas (geração de ruído de rolamento). A qualidade funcional está relacionada com a capacidade do pavimento de suportar as cargas dos veículos sem sofrer alterações para além de determinados valores limite. Essas alterações excessivas colocariam em causa o comportamento estrutural do pavimento causando fendas, covas, depressões e deformações permanentes diferenciais que afectariam a integridade, regularidade e o desempenho da superfície, podendo até levar à sua ruína.

O pavimento é constituído por várias camadas, geralmente camadas de sub-base, de base e de desgaste. Normalmente a parte inferior é composta por camadas de materiais inertes, britados ou naturais, não aglutinados e a parte superior é composta por camadas de materiais granulares estabilizados com ligantes hidráulicos ou betuminosos. As camadas inferiores de sub-base e de base constituem o corpo do pavimento responsável por lhe conferir a estabilidade e a capacidade de suporte das acções a que esta sujeita. A camada de desgaste é a camada superior do pavimento que está em

contacto directo com o tráfego e que assegura as características funcionais de modo a proporcionar um rolamento cómodo e seguro. Esta camada contribui ainda de algum modo para a capacidade estrutural ao impermeabilizar o pavimento evitando a entrada de água para as camadas inferiores e para o solo de fundação. Nos pavimentos flexíveis poderá existir ainda uma camada de regularização subjacente à camada de desgaste.

As diferentes camadas do pavimento têm qualidade e resistência decrescentes em profundidade, em concordância com a redução dos esforços que são máximos à superfície e decrescem à medida que se atinge o solo de fundação.

Os diferentes tipos de pavimentos existentes resultam da diferente associação das várias camadas de diferentes materiais e correspondem a comportamentos distintos perante as acções a que estão sujeitos. Podemos classificar os pavimentos em flexíveis, rígidos e semi-rígidos em função dos materiais que os constituem e da sua deformabilidade, como exposto no quadro 8.

Quadro 8 – Tipo de pavimentos em função dos materiais e da deformabilidade.

Tipo de pavimento	Materiais (ligante)	Deformabilidade
Flexível	Hidrocarbonados e granulares	Elevada
Rígido	Hidráulicos e granulares	Muito reduzida
Semi-rígido	Hidrocarbonados, hidráulicos e granulares	Reduzida

Um **pavimento flexível** é constituído superiormente por camadas de misturas betuminosas que são materiais estabilizados com ligantes hidrocarbonatados, e inferiormente por uma ou mais camadas constituídas por materiais granulares. Na figura 19 está esquematizada a constituição deste tipo de pavimento. O número e espessura das camadas podem ser muito variados e dependem de vários factores como a intensidade de tráfego, a resistência do solo de fundação, as características dos materiais disponíveis e as condições climáticas da zona. As camadas betuminosas conferem a este tipo de pavimento uma grande deformabilidade.

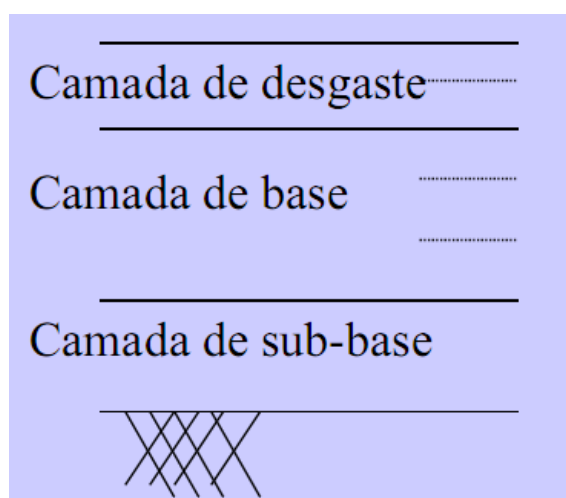


Fig.19 – Constituição dos pavimentos flexíveis [39]

Como se pode observar na figura 20, o comportamento dos pavimentos flexíveis quando solicitado pela acção do tráfego, caracteriza-se por uma deflexão acentuada numa área restrita que corresponde à área de influência da largura dos rodados.

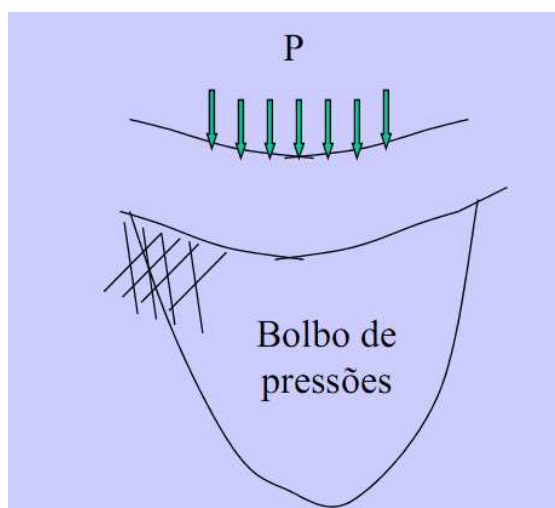


Fig.20 – Distribuição de tensões nos pavimentos flexíveis [39]

No entanto o comportamento deste tipo de pavimento não é apenas dependente das características dos materiais de cada uma das camadas mas também das condições fronteira que ocorrem nas interfaces das mesmas. Quando as camadas betuminosas estão “coladas”, devido à aplicação de uma rega de colagem, estas funcionam como uma camada única. Deste modo estão geralmente submetidas a um estado de tensão, que varia no plano vertical de uma compressão máxima à superfície até um valor máximo de tensão de tracção na face inferior da última camada. No caso dos pavimentos das estradas em estudo, nos quais as camadas podem ter espessuras reduzidas, o estado de tensão de tracção pode não ser atingido. No caso das camadas estarem “descoladas” ocorrem tensões máximas de compressão na face superior e tensões máximas de tracção na face inferior de cada uma das camadas. É bastante mais favorável para o desempenho do pavimento que as camadas estejam coladas pois este estado de tensão é muito menos severo. Nas camadas granulares existe uma variação de esforços de compressão que são máximos à superfície das mesmas, reduzindo em profundidade até atingirem valores compatíveis com os que a infra-estrutura possa suportar. Todos estes esforços de tracção e compressão podem conduzir a uma ruína do pavimento devido à fadiga por tracção das camadas betuminosas e à deformação permanente das camadas que se reflectem respectivamente no fendilhamento nas camadas betuminosas e no aparecimento de deformações permanentes. Por isso são estes os dois factores considerados para o dimensionamento dos pavimentos flexíveis.

Os pavimentos rígidos, muito pouco utilizados em Portugal, diferem dos pavimentos flexíveis tanto na constituição como no comportamento estrutural. Um pavimento rígido é constituído por uma laje de betão hidráulico que funciona como camada de desgaste e camada de base, que se apoia numa ou duas camadas de sub-base de material granular apenas estabilizado mecanicamente ou então estabilizado com ligante hidráulico. Este tipo de pavimento não sofre grandes deformações devido à elevada resistência à flexão que o betão de cimento lhe proporciona, revelando-se adequado para situações severas de tráfego pesado, intenso, lento e para zonas com elevadas temperaturas. Como se

pode observar na figura 21, as tensões verticais causadas pelas cargas verticais distribuem-se por toda a laje de betão havendo deflexões reduzidas em grandes áreas. Deste modo a camada de sub-base não tem como finalidade proporcionar capacidade resistente, funcionando como uma camada regular que permita a execução da laje em boas condições e que resista à erosão. Para além disso esta camada evita o pumping que consiste num bombeamento de água e material fino através das juntas. Este fenómeno ocorre devido a uma drenagem ineficaz da água que se infiltra pela junta e se acumula no solo de fundação. A solicitação do tráfego causa o “esguicho” desta água para a superfície arrastando consigo material proveniente do solo de fundação. Ao ser colocada uma sub-base granular a água drena mais facilmente através da camada evitando-se a sua acumulação.

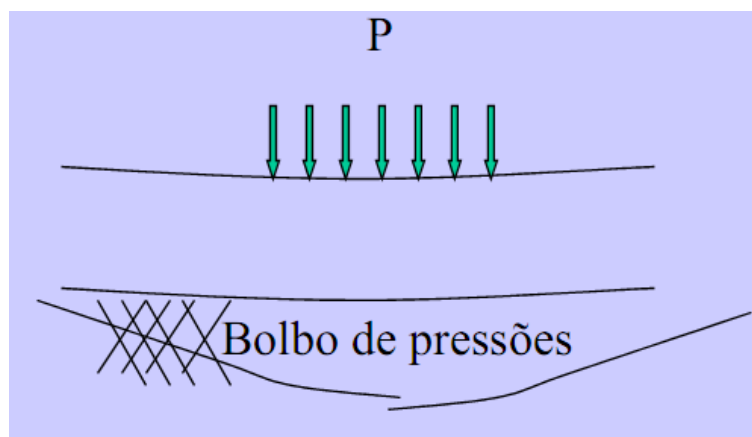


Fig.21 – Distribuição de tensões nos pavimentos rígidos [39]

Os principais critérios de dimensionamento considerados neste tipo de pavimentos são a fadiga devido às extensões de tracção causadas pela acção repetida do tráfego (fendilhamento excessivo) e a erosão do apoio das lajes. As principais degradações existentes são o fendilhamento das lajes causada pela fadiga, pela retracção e pelo seu encurvamento, a desagregação superficial nas juntas e na laje e o escalonamento da mesma.

Os pavimentos semi-rígidos possuem características comuns aos pavimentos flexíveis e aos pavimentos rígidos. Tradicionalmente as camadas superiores (camada de desgaste e camada de base) são betuminosas. A camada de base é constituída por um material granular estabilizado com ligante hidráulico e a camada de sub-base é constituída por um material granular estabilizado mecanicamente (material de granulometria extensa). Esta constituição pode eventualmente ser inversa ao ser intercalada uma camada de material de granulometria extensa entre a camada betuminosa e a camada tratada com ligantes hidráulicos. Deste modo pretende-se evitar a propagação de fendas da base às camadas betuminosas. A camada de base destes pavimentos é aquela que possui maior rigidez e por isso absorve a maioria dos esforços verticais de modo a que estes actuem no solo de fundação com valores que este possa suportar. Os três mecanismos principais de degradação deste tipo de pavimentos são o fendilhamento por fadiga, por retracção (pouco usual) e por ocorrência de níveis de tracção superiores à resistência do material estabilizado com ligante hidráulico.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE não foram considerados os pavimentos rígidos pois são muito pouco utilizados em Portugal e não se revelam adequados às estradas em estudo. Este tipo de pavimentos é mais aplicável a vias com elevados níveis de tráfego pesado. Deste

modo também não foram inseridas as camadas de betão de cimento que apenas são utilizadas nos pavimentos rígidos.

Nas Estradas Municipais em estudo são usados, na sua grande maioria, os pavimentos flexíveis. A nível urbano pode eventualmente ser vantajosa a utilização dos pavimentos semi-rígidos, que possibilitam para a mesma capacidade estrutural uma menor espessura do que a que seria necessária caso fosse adoptado um pavimento flexível. Deste modo, este tipo de pavimento pode ser útil em determinados casos, nos quais a espessura disponível para a colocação do pavimento seja reduzida.

Em relação ao tipo de misturas betuminosas utilizadas nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos foram excluídas deste Caderno de Encargos todas aquelas que seriam apropriadas para vias com grandes solicitações de tráfego, e onde se praticam maiores velocidades com evidentes exigências ao nível da segurança. É o caso das misturas betuminosas drenantes, que não foram consideradas pois têm como finalidade melhorar as condições de drenagem minimizando os fenómenos de aquaplanagem que são mais perigosos quando se praticam velocidades mais elevadas. A única vantagem que este tipo de mistura betuminosa teria, para a inserção nas estradas em estudo em zonas urbanisticamente ocupadas, seria a redução da emissão de ruído produzido pelos rodados que esta proporciona. Porém para baixas velocidades, o ruído que predomina é o do motor e não o do contacto pneu/pavimento, por isso a redução do ruído através de soluções baseadas na utilização de camadas de desgaste com características de baixa emissão sonora não seria a mais eficaz. O mesmo se pode dizer do microaglomerado betuminoso rugoso que apesar de minimizar a emissão de ruído se torna mais adequado para utilização em vias rápidas e auto-estradas. As misturas betuminosas de alto módulo apresentam uma rigidez muito elevada e têm por isso um melhor comportamento à fadiga e às deformações permanentes. De facto este tipo de camadas possuem um melhor desempenho do que as camadas tradicionais; no entanto, para o tipo de estradas em questão não são apropriadas pelas razões já apontadas.

Revelou-se adequado e pertinente para as estradas em estudo introduzir outros tipos de camadas de desgaste como a calçada de cubos que é ainda utilizada em muitas Estradas Municipais e o macadame hidráulico que pode ser utilizado em estradas menos importantes tais como florestais e caminhos secundários. Além disso podem considerar-se interessantes para pequenas extensões e em locais de mão obra mais barata.

A reciclagem de pavimentos foi também admitida nesta adaptação, por se tratar de uma solução inovadora com muitas vantagens técnicas, económicas e ambientais, que poderão contribuir para a melhoria nos processos de reconstrução das estradas degradadas. Neste âmbito foi também admitida a utilização de agregados reciclados que resultam da reutilização dos produtos de construção e demolição e que trazem também numerosas vantagens.

O actual acervo normativo Europeu inclui um conjunto de normas Europeias para as misturas betuminosas fabricadas a quente que determinam uma nova designação para as mesmas e definem as propriedades a que estas devem obedecer. Essas propriedades são definidas em 8 partes da série NP EN 13108 – *Misturas betuminosas. Especificações dos materiais* e são caracterizadas pelos ensaios da série EN 12697 – *Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt*. Deste modo pretende-se promover a implementação da obrigatoriedade da marcação CE a este tipo de misturas. Em Portugal, porém, existem ainda dificuldades na implementação destes novos procedimentos devido ao esforço financeiro significativo que estes implicam para as empresas, sobretudo as de menor dimensão, e devido à falta de organização das mesmas neste sentido (falta de recursos humanos, falta de quadros técnicos, falta de informação). O processo é encarado como burocrático e moroso devido à dificuldade na caracterização dos produtos, ao atraso das publicações das Normas em Português, às diferenças

entre as diversas Normas Harmonizadas que habitualmente são mal interpretadas e devido à falta de fiscalização. Perante este cenário a maioria dos construtores adopta ainda todas as especificações antigas para as misturas betuminosas a quente e como tal no Caderno de Encargos todas elas foram mantidas. No entanto a marcação CE é obrigatória desde 1 de Março de 2008, apesar de ter sido adiada até hoje a sua implementação definitiva. Por este motivo revelou-se pertinente referir as novas designações para as misturas betuminosas e as novas Normas Europeias aplicáveis pois no futuro próximo a marcação CE será inevitável. Em relação aos materiais elementares constituintes das camadas do pavimento, para a maioria dos quais também já existe normalização Europeia, foram alterados no Caderno de Encargos os requisitos, as designações e as normas aplicáveis.

A organização do capítulo referente à pavimentação do Caderno de Encargos foi alterada à semelhança dos anteriores, agrupando-se em cada tema de pavimentação as respectivas características dos materiais e os processos construtivos.

5.2.MATERIAIS ELEMENTARES CONSTITUINTES DAS CAMADAS NÃO LIGADAS, CAMADAS TRATADAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS E CAMADAS BETUMINOSAS

Os materiais que constituem as camadas do pavimento devem ter determinadas propriedades que garantam que o pavimento proporciona determinado desempenho que lhe permita oferecer todas as condições para as quais foi elaborado.

As camadas não ligadas de um pavimento podem constituir a sub-base ou base do pavimento. São maioritariamente constituídas por materiais britados podendo em algumas situações ser constituídas por solos seleccionados.

As camadas aglutinadas com ligantes hidráulicos, nos quais se incluem as camadas tratadas com cal e/ou cimento podem constituir a sub-base, base ou camada de desgaste de um pavimento dependendo da qualidade da mistura que depende essencialmente da quantidade de cimento utilizada.

As camadas de misturas betuminosas são constituídas por agregado aglutinado com um ligante betuminoso e podem eventualmente conter aditivos.

Em síntese, os principais materiais de pavimentação que constituem as camadas referidas são:

- Solos;
- Cimento;
- Água;
- Agregados para camadas de sub-base e base, granulares e em mistura com ligantes hidráulico;
- Agregados para misturas betuminosas;
- Adições;
- Adjuvantes;
- Ligantes Betuminosos;
- Aditivos;
- Filler.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos, foram alteradas as exigências dos materiais de acordo com as especificações das novas normas Europeias.

No domínio dos agregados admitiu-se a utilização de agregados reciclados provenientes de resíduos da construção e demolição.

No âmbito dos ligantes hidráulicos, devido à nova abordagem dos produtos da construção, existem grandes alterações normativas aplicáveis que serão descritas e analisadas em 5.2.2.

5.2.1. AGREGADOS RECICLADOS

A construção civil é uma actividade com séculos de existência e é responsável por uma quantidade significativa dos resíduos gerados em Portugal. Porém, só nas últimas décadas começaram a surgir preocupações acerca do destino a dar aos resíduos provenientes desta actividade. Os resíduos da construção e demolição contêm percentagens elevadas de fracções reutilizáveis que constituem um potencial de valorização que tem vindo a ser amplamente reconhecido.

Os agregados reciclados, que resultam do processamento de materiais inorgânicos anteriormente utilizados na construção, têm actualmente uma crescente aplicabilidade na construção rodoviária de modo a que se promova uma construção sustentável. Nesta actividade são utilizados grandes volumes de agregados ao nível das misturas betuminosas e das camadas granulares não ligadas ou ligadas com ligantes hidráulicos. Por este motivo a utilização destes agregados provenientes das obras de construção e demolição é objecto desta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE.

O emprego destes agregados na construção rodoviária pretende:

- Promover a reciclagem de resíduos;
- Reduzir a quantidade de materiais depositados em aterros;
- Reduzir o consumo de matérias-primas;

O Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março, veio estabelecer o regime jurídico específico a que fica sujeita a gestão destes resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, designados resíduos de construção e demolição.

Segundo o artigo 7º do mesmo Decreto-Lei a utilização dos resíduos em obra, deverá ser feita de acordo com as normas técnicas nacionais e comunitárias aplicáveis. Na ausência de normas técnicas aplicáveis são usadas as especificações técnicas definidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e homologadas pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas do ambiente e das obras públicas.

A especificação do LNEC E 473 – *Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos* presta recomendações e estabelece requisitos para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas (base e sub-base) de pavimentos rodoviários. Estes agregados estão abrangidos pela NP EN 13242 – *Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária* e pela NP EN 13285 – *Misturas não ligadas. Especificações*.

Os resíduos da construção e demolição são catalogados no capítulo 17 da Lista Europeia de resíduos e constam do anexo I da Portaria nº 209/2004. A sua composição é muito variável e por isso revela-se fundamental uma triagem apropriada e uma adequada selecção do processo de preparação. Deve ainda evitar-se a presença de materiais que pela sua natureza sejam perniciosos para o ambiente ou prejudiquem o desempenho das camadas não ligadas dos pavimentos.

Os agregados reciclados classificam-se em B e C em função da sua composição. A EN 13242 estabelece as categorias dos constituintes da fracção grossa e a classificação é realizada de acordo com o estabelecido no projecto de norma prEN 933 -11- *Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11-Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate*, segundo as proporções de cada um desses constituintes.

Os agregados reciclados abrangidos pela E 473 podem ainda ser classificados em três categorias, AGER1, AGER2 e AGER3, de acordo com o tipo de aplicação a que se destina que depende do tipo de camada (camadas de sub-base ou base) e Tráfego Médio Diário de pesados por via.

A identificação dos agregados reciclados é realizada através:

- Da indicação do produtor (operador de gestão);
- Do local de produção;
- Das siglas da classe;
- Da categoria a que pertence e da granulometria (d/D).

A Norma NP EN 13285 define todas as propriedades, requisitos mínimos e respectivas normas de ensaio a que este tipo de agregados deve obedecer. Estes requisitos foram incluídos nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE assim como os quadros de classificação e identificação dos agregados reciclados.

De seguida é apresentada uma breve referência a estes novos conceitos de modo a auxiliar a compreensão das especificações e dos parâmetros mencionados no Caderno de Encargo.

Esta nova norma conduz a uma nova designação para as misturas de agregados a serem utilizados em camadas não ligadas de pavimentos. Cada classe de granulometria das misturas de agregados (GA, GB, GC, entre outras) corresponde à sua dimensão especificando um respectivo fuso granulométrico. Temos ainda como requisitos relativos à mistura o conteúdo de finos e os sobretamanhos.

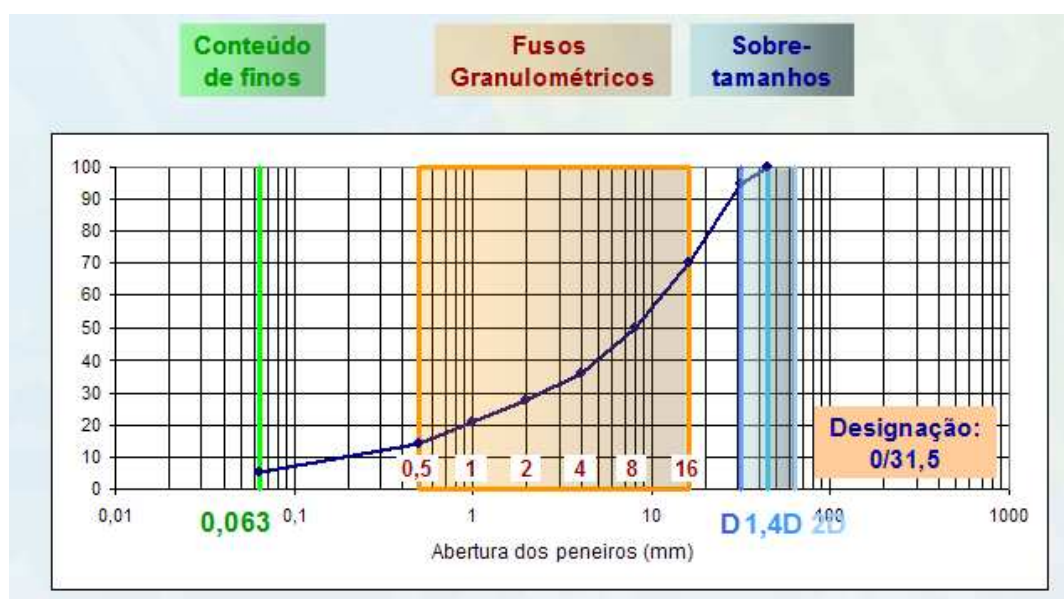


Fig.22 – Conteúdo de finos, fusos granulométricos e sobretamanhos das misturas de agregados [38]

Os sobretamanhos são definidos de acordo com os passados nos peneiros 2D, 1,4 D e D classificando-se em quatro categorias que se apresentam no quadro 9.

Quadro 9 – Sobretamanhos

Percentagem de passados, em massa			Categoria
2 D	1,4 D	D	

---	100	90 a 99	OC90
---	100	85 a 99	OC85
100	---	80 a 99	OC80
100	---	75 a 99	OC75

Como se pode observar na figura 22, o conteúdo de finos corresponde à fracção inferior a 0,063 mm. Existe um valor mínimo e um valor máximo que as misturas de agregados podem conter e que são definidos nos quadros 10 e 11. As categorias devem ser escolhidas de maneira que a diferença entre os conteúdos máximos e mínimos não seja inferior a 3%

Quadro 10 – Conteúdo mínimo de finos de acordo com a categoria

Conteúdo mínimo	
% <0,063 mm	Categoria
≥ 2	LF2
≥ 4	LF4
≥ 8	LF8
Não requerido	LFN

Quadro 11 – Conteúdo máximo de finos de acordo com a categoria

Conteúdo máximo	
% <0,063 mm	Categoria
≤ 3	UF3
≤ 5	UF5
≤ 7	UF7
≤ 9	UF9
≤ 12	UF12
≤ 15	UF15
Não requerido	UFN

5.2.2. LIGANTES BETUMINOSOS

Os ligantes betuminosos são materiais adesivos que contém betume e que se podem encontrar sob diferentes formas: não modificado, modificado, emulsionado, fluidificado e fluxado.

O betume é um material praticamente não volátil, adesivo e impermeável à água constituído por misturas de hidrocarbonetos de elevado peso molecular e com um comportamento reológico muito complexo. É muito viscoso e quase sólido à temperatura ambiente.

Os ligantes betuminosos correntemente utilizados na construção rodoviária podem ser dos seguintes tipos:

- Betumes de pavimentação;
- Betumes duros;
- Betumes modificados;
- Emulsões betuminosas tradicionais;
- Emulsões betuminosas modificadas.

No Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE era ainda admitido como ligante betuminoso o betume fluidificado que resulta da liquefacção do betume com um solvente apropriado que pode ser gasóleo, petróleo comercial ou gasolina. Nesta adaptação não foi considerado este ligante betuminoso pois a sua utilização tem vindo a sofrer um declínio acentuado a nível nacional, sendo até em alguns países proibida a sua utilização, devido aos elevados níveis de poluição atmosférica causados e aos problemas de segurança que a sua utilização acarreta. Para além disso há um desperdício da capacidade energética do solvente que é bastante caro. Os betumes fluidificados podem ser substituídos por emulsões betuminosas que se encontram perfeitamente enquadradas e adaptadas para todo o tipo de aplicações e que proporcionam melhores desempenhos funcionais ao nível da estabilidade do produto, trabalhabilidade, facilidade de aplicação e segurança para além de serem melhores para o ambiente e para a saúde.

À semelhança de muitos outros materiais utilizados na construção, também os ligantes betuminosos têm vindo a sofrer grandes alterações nas suas referências normativas, existindo Normas Europeias aplicáveis à generalidade dos ligantes: betumes de pavimentação, betumes duros, betumes modificados com polímeros e as emulsões betuminosas catiónicas tradicionais ou modificadas com polímeros.

Nas Normas Europeias os ligantes betuminosos são citados por classes definidas de acordo com exigências essenciais do Mandato Europeu M/124 acerca dos produtos da construção rodoviária. As exigências referidas no Mandato são a consistência às temperaturas intermédias e às temperaturas de serviço elevadas e a durabilidade. A aposição da marcação CE depende da conformidade dos produtos com estas exigências que devem ser demonstradas pelo produtor pelos “ensaios de tipo inicial” e pelo “controlo da produção em fábrica” correspondente ao sistema de avaliação de conformidade 2+ definido no quadro 7 no capítulo 4 – *Drenagem*.

O **betume de pavimentação** é usado para envolver o agregado mineral e é utilizado essencialmente em misturas betuminosas fabricadas a quente, em central, para aplicação em camadas de base, de ligação, de regularização e de desgaste. É também empregue no fabrico de revestimentos superficiais, no envolvimento de gravilhas duras para incrustação no final do acabamento da camada de desgaste, em regas de cura, impregnação e colagem e como material de base para a produção dos restantes ligantes. Este betume de pavimentação deve cumprir os requisitos da Norma Europeia EN 12591 – *Bitumen and bituminous binders – Specifications for paving grade bitumens*, que especifica as propriedades e os respectivos métodos de ensaio adequados para a sua caracterização, para uso na construção e manutenção de estradas. Os requisitos da norma EN 12591 são indicados para cada tipo de betume pela sua gama de penetração. A nível nacional os betumes maioritariamente utilizados são o 50/70, 35/50, 20/30 e 160/220. No quadro 12 são referidas as tradicionais utilizações de cada classe de betume.

Quadro 12 – Tipos de betumes de pavimentação e respectiva aplicação

Classe de betume	Aplicação
50/70	Misturas betuminosas convencionais
35/50	
20/30	Misturas betuminosas de grande rigidez.
160/220	Revestimentos superficiais

No Caderno de Encargos não foi feita referência ao betume 20/30 pois nas estradas em estudo não são aplicadas misturas com grande rigidez.

Os **betumes duros**, obtidos pela refinação de petróleos brutos, são utilizados em misturas betuminosas de alto módulo fabricadas a quente. Devem cumprir os requisitos da Norma Europeia EN 13924 – *Bitumen and bituminous binders – Specifications for hard paving grade bitumens*, que especifica as propriedades e os respectivos métodos de ensaio adequados para a sua caracterização, para uso na construção e manutenção de estradas. Os tipos de betumes duros aplicados em Portugal são o 10/20 e o 15/25. Neste Caderno de Encargos não foi feita referência a este tipo de betumes pois nas estradas em estudo não são aplicadas misturas betuminosas de alto módulo.

Os **betumes modificados com polímeros** são betumes cujas propriedades reológicas foram modificadas durante o fabrico através da introdução de um ou mais agentes químicos que lhes permitem conferir uma menor susceptibilidade térmica, uma maior flexibilidade e um melhoramento das características de adesão e de aptidão ao endurecimento. Este tipo de ligante é empregue no fabrico de betão betuminoso drenante, betão betuminoso rugoso, microbetão betuminoso rugoso e outras misturas betuminosas delgadas ou abertas para camadas de desgaste. Podem ainda ser usados no fabrico de revestimentos superficiais, nas misturas betuminosas que constituem interfaces ou membranas anti-fissuras e como base para as emulsões betuminosas modificadas. Os betumes modificados devem cumprir os requisitos da Norma Europeia EN 14023-*Bitumen and bituminous binders – Framework Specification for polymer modified bitumens* que especifica as propriedades e os respectivos métodos de ensaio adequados para a sua caracterização, para uso na construção e manutenção de estradas. A Norma referida apresenta os requisitos para cada tipo de betume modificado identificados de acordo com a respectiva classe. A sua nova identificação traduz-se por uma expressão alfanumérica dada pela sigla PMB seguida da gama de penetração do betume modificado e do requisito mínimo da temperatura de amolecimento a seguir a um hífen.

O título informativo, um betume PM 65/105-80 é um betume modificado com polímeros com betume de gama de penetração 65/105 e requisito mínimo de temperatura de 80.

Os betumes modificados com polímeros aplicados maioritariamente em Portugal o PMB 65/105-80, o PMB 45/80-55, o PMB 10/40-70 e o PMB 25/55-65. No quadro 13 são apresentadas as utilizações para as quais cada tipo de betume modificado se aplica.

Quadro 13 – Tipos de betumes modificados com polímeros e respectiva aplicação

Betume modificado	Aplicação
PMB 65/105-80	<ul style="list-style-type: none"> – Misturas betuminosas rugosas; – Revestimentos superficiais – Misturas betuminosas que constituem interfaces ou membranas anti-fissuras;
PMB 45/80-55	<ul style="list-style-type: none"> – Revestimentos superficiais – Misturas betuminosas que constituem interfaces ou membranas anti-fissuras – Misturas betuminosas drenantes

PMB 10/40-70

PMB 25/55-65

– Misturas betuminosas de alto módulo

No Caderno de Encargos não foram considerados os PMB 10/40-70 e PMB 25/55-65 pois as misturas betuminosas de alto módulo também não são consideradas.

Para determinados trabalhos de pavimentação convém dispor de materiais betuminosos menos viscosos à temperatura ambiente e que se mantenham assim durante o tempo necessário para a realização dos procedimentos. Para tal utilizam-se as **emulsões betuminosas** que são sistemas heterogéneos de duas fases (água e betume) constituídos por dois líquidos imiscíveis. A suspensão mantém-se estável devido à introdução de um emulsionante que mantém o sistema em equilíbrio, distribuindo-se à volta dos glóbulos de betume e criando uma camada de cargas eléctricas que repelem os outros glóbulos. Para fins rodoviários são utilizados dois tipos de emulsões, aniónicas e catiónicas, que se distinguem pelo tipo de cargas eléctricas que envolvem os glóbulos de betume. As emulsões aniónicas têm cargas negativas à superfície das partículas de betume enquanto as emulsões catiónicas têm cargas positivas à superfície das partículas de betume. As emulsões também variam consoante o tempo de rotura que define o tempo de separação do betume e da água e sua evaporação. Quando se mistura a emulsão com outros materiais (agregados) a emulsão rompe e a água e o betume separam-se. O betume fica a envolver o agregado porque tem afinidade com ele, enquanto que a água se evapora. As emulsões aniónicas são as mais antigas mas não podem ser utilizadas na presença de agregados siliciosos (granitos) devido ao facto de estes se ionizarem negativamente. Nas emulsões catiónicas a rotura é mais rápida dado que se dá principalmente por reacção química com as partículas do agregado. Estas proporcionam uma boa adesividade à maioria dos agregados básicos. As emulsões betuminosas aniónicas têm vindo cada vez mais a cair em desuso devido ao facto de não se adaptarem bem a todos os tipos de agregados e por isso também não foi admitida a sua utilização no Caderno de Encargos que constitui o objecto principal deste estudo.

As emulsões betuminosas catiónicas clássicas são utilizadas em misturas betuminosas fabricadas a frio, em revestimentos superficiais, em microaglomerados betuminosos a frio, em regas de colagem entre camadas de misturas betuminosas, em regas de impregnação de camadas de materiais granulares, na colagem e impregnação de geotêxteis que constituem interfaces retardadoras de fissuras, na estabilização de materiais granulares ou em regas de cura de materiais tratados com ligantes hidráulicos.

As emulsões betuminosas catiónicas modificadas com polímeros são empregues em microaglomerados betuminosos a frio, em revestimentos superficiais, em slurry seal, em regas de colagem, em regas de impregnação, na colagem e impregnação de geotêxteis que constituem interfaces retardadoras de fissuras e na estabilização de materiais granulares ou em regas de cura de materiais tratados com ligantes hidráulicos.

As emulsões catiónicas devem estar de acordo com a Norma Europeia EN 13808 – *Bitumen and bituminous binders- Framework for specifying cationic bituminous emulsions*, que especifica as propriedades e os respectivos métodos de ensaio adequados para a sua caracterização, para uso na construção e manutenção de estradas, aeroportos e outras áreas pavimentadas.

Na simbologia anteriormente usada em Portugal eram adoptados os seguintes símbolos para classificar as emulsões:

- E: emulsão;

- A ou C: aniónica ou catiónica, respectivamente;
- R, M ou L: ruptura rápida, média ou lenta;
- I, S: Impregnação, Sobreestabilizada.

Neste Caderno de Encargos foi alterada a classificação das emulsões betuminosas de acordo com as novas Normas sendo realizada sempre uma equivalência com a designação anterior. A nova identificação traduz-se por uma expressão alfanumérica que pode ter sete posições:

- 1ª posição: Letra C que corresponde à carga positiva das partículas;
- 2ª e 3ª posição: Dois dígitos que correspondem à percentagem de betume residual;
- 4ª, 5ª e 6ª posição: Letras B, P e/ou F que correspondem ao tipo de ligante (B- Betume de pavimentação, P- Adição de polímeros, F- adição de mais 2% de fluxante);
- 7ª posição: índice de ruptura representado pela respectiva classe.

A título explicativo uma emulsão C60BPF6 é uma emulsão betuminosa catiónica produzida com uma betume contendo polímeros e mais 2% de fluxante, numa percentagem nominal de betume residual de 60% e com um índice de rotura da classe 6.

As emulsões betuminosas catiónicas clássicas e modificadas aplicadas maioritariamente em Portugal são as que são apresentadas no quadro 14. São ainda referidas no quadro as equivalências entre a antiga designação das emulsões e a actual e as utilizações para as quais se aplicam.

Quadro 14 – Tipos de emulsões betuminosas catiónicas e respectiva aplicação

Actual designação	Antiga designação	Aplicação
C60B2	ECR-1	Regas de colagem e regas de cura de materiais tratados com ligantes hidráulicos
C70B4	ECR-3	Revestimentos superficiais betuminosos
C60B5	ECM-2	Misturas betuminosas abertas a frio
C55B6	ECL-1	Regas de impregnação
C60B6	ECL-1h	Misturas betuminosas fechadas a frio
C40BF6	ECI	Regas de impregnação especial
C55B0	ECS	Emulsão betuminosa sobreestabilizada
C65BP3	—	Regas de colagem
C62BP3	—	Microaglomerado betuminoso a frio
C69BP3	—	Revestimentos superficiais e colagem e impregnação de geotêxteis para constituintes de interfaces anti-fissuras

A escolha entre os diversos tipos de betumes depende essencialmente do desempenho funcional e estrutural que se pretende obter para a mistura betuminosa, do volume de tráfego pesado e da região climatológica da zona de implantação da infra-estrutura rodoviária.

Nas regiões climáticas de temperaturas mais elevadas deve optar-se por betumes de penetração mais baixos enquanto nas zonas climáticas de temperaturas médias a temperadas se devem utilizar os betumes de penetração mais elevados. No entanto é fundamental a análise dos volumes de tráfego pesado que é o único tráfego considerado para o dimensionamento de pavimento por ser aquele com maior agressividade para o mesmo. Em zonas onde o tráfego de pesados é relativamente baixo poderão ser utilizados os betumes de penetração mais elevada ao contrário das zonas com elevados volumes de tráfego onde é mais aconselhável o uso de betumes de penetração mais baixa.

Em casos especiais poderão ser utilizados betumes modificados com polímeros quando se pretende melhorar a adesividade agregado/betume devido à menor susceptibilidade térmica e à maior flexibilidade que a mistura betuminosa adquire.

Para o mesmo tipo de utilização, as emulsões betuminosas catiónicas são escolhidas em função das condições atmosféricas e do tipo de utilização a que se destinam. As emulsões de ruptura mais rápida são mais apropriadas para trabalhos mais rápidos como tratamentos superficiais, tapagem de covas e regas de colagem. Para trabalhos que impliquem uma estabilidade mais longa, misturas betuminosas e impregnações, deverão ser utilizadas as emulsões de ruptura média a lenta.

Em síntese depreende-se que nas estradas em estudo os betumes mais utilizados serão os de gama de penetração mais elevada 35/50,50/70, 160/220. Exclui-se portanto totalmente a utilização de betumes muito duros. Em relação aos betumes modificados excluem-se também os de gama de penetração mais baixa considerando-se apenas o PMB 45/80-55 e PMB 65/105-80 para revestimentos superficiais e misturas betuminosas que constituem interfaces ou membranas anti-fissuras. Todos os tipos de emulsões betuminosas clássicas e modificadas podem ser utilizadas pois este tipo de ligante é adequado à maioria dos trabalhos efectuados nas Estradas Municipais em estudo.

5.3. CAMADAS NÃO AGLUTINADAS

As camadas não aglutinadas constituintes dos pavimentos podem ser utilizadas como camadas de sub-base e base e são constituídas por materiais pétreos, britados ou naturais ou ainda solos seleccionados. Os solos seleccionados apenas são utilizados para camadas de sub-base e nos casos em que as vias não são sujeitas a tráfego muito severo, como é o caso das estradas em estudo. Apenas em caminhos municipais e vicinais se pode considerar a utilização de solos como camada de base ou até camada de desgaste. Estas camadas apenas são estabilizadas mecanicamente.

Quando os solos não possuem características satisfatórias ou quando se pretende obter uma camada mais resistente recorre-se à estabilização de solos com:

- Mistura com outros solos;
- Mistura com cal;
- Mistura com cimento.

A estabilização com outros solos tem como objectivo obter um material com melhor consistência e melhores características granulométricas. Em situações em que o solo é muito plástico e fino junta-se um material incoerente, como areia ou brita, de modo a que se diminua a plasticidade e se forme um esqueleto resistente. A mistura é feita in situ com motoniveladora ou de preferência com grade de discos de acordo com o procedimento descrito no *capítulo 1 – Terraplenagens* do Caderno de Encargos.

A estabilização com cal tem como objectivo principal a redução da plasticidade dos solos. A cal envolve as partículas de argila reagindo quimicamente com a água adsorvida e tornando o solo muito

menos sensível à água, obtendo-se um efeito imediato da redução da granulometria e uma melhoria da trabalhabilidade. A mistura é feita no local com motoniveladora ou de preferência com grade de discos, existindo já equipamentos que numa só passagem realizam a fresagem do solo, o espalhamento da cal, a rega, a mistura e a primeira compactação. Estes procedimentos são descritos no *capítulo 1 – Terraplenagens* do Caderno de Encargos.

A estabilização com cimento aplica-se a solos coesivos e incoerentes. Porém, são alcançados melhores resultados para os solos incoerentes. A qualidade resistente das misturas depende essencialmente da quantidade de cimento utilizada. Quando se utilizam pequenas quantidades de cimento (3 a 4%) não se aumenta significativamente a capacidade resistente efectuando-se apenas um tratamento do solo de modo a que essencialmente se reduza a sua susceptibilidade do mesmo à água. Este tipo de mistura é efectuado in situ do mesmo modo que se realiza a estabilização com cal. Quando são aplicadas maiores dosagens de cimento obtém-se um aumento da capacidade resistente que é proporcional à quantidade de cimento. Devido à maior importância deste tipo de misturas, estas são realizadas in situ em betoneira ou em central de modo a que obtenha uma maior qualidade e homogeneidade. O betão de cimento, o betão pobre e o agregado britado de granulometria extensa tratado com ligantes hidráulicos, são exemplos de camadas nas quais a quantidade de cimento é respectivamente decrescente.

5.4. MISTURAS BETUMINOSAS

As camadas superiores dos pavimentos são substancialmente de dois tipos: misturas betuminosas quando se trata de pavimentos flexíveis e semi-rígidos e misturas com ligantes hidráulicos quando se trata de pavimentos rígidos.

Visto que nas estradas em estudo apenas se utilizam os pavimentos flexíveis e semi-rígidos, aliás como na generalidade do país, apenas será dada relevância as misturas betuminosas.

As misturas betuminosas são compostas por materiais granulares doseados de uma forma ponderal ou volumétrica que são misturados com um ligante previamente escolhido. Essa mistura é realizada em central ou “in situ” sendo depois transportada, espalhada e compactada.

Na generalidade as misturas betuminosas devem obedecer as seguintes características:

- Estabilidade;
- Durabilidade;
- Flexibilidade;
- Resistência à fadiga;
- Aderência;
- Impermeabilidade;
- Trabalhabilidade.

A **estabilidade** é uma característica da mistura que lhe permite resistir às deformações plásticas. Estas deformações ocorrem para temperaturas elevadas que causam uma diminuição da rigidez da mistura e para longos tempos de carga. Esta propriedade varia com a textura da superfície do agregado, a granulometria do mesmo e a percentagem de betume. Independentemente do agregado que se use, a estabilidade aumenta com a compactação do material, logo devem ser utilizados agregados com granulometrias que permitam a obtenção de materiais de densidade adequada. Como podemos verificar na figura 23, um determinado aumento da percentagem de betume, aumenta a estabilidade da mistura até um certo ponto em que esta atinge o máximo e que corresponde ao ponto em que esta alcançou a coesão adequada. A partir daí há uma decréscimo desta propriedade à medida que se

aumenta a percentagem de betume pois um aumento excessivo de ligante faz com que as partículas de agregado fiquem muito lubrificadas reduzindo-se o atrito interno.

A **durabilidade** é uma característica da mistura que lhe permite resistir às acções do tráfego e às climáticas. Esta propriedade depende fundamentalmente do atrito interno dos materiais e da sua coesão que dependem da granulometria do agregado, da percentagem de betume, do grau de compactação da mistura e da sua sensibilidade à água. De acordo como a figura 23, a durabilidade aumenta com o aumento da percentagem de betume tal como com a utilização de materiais de granulometria contínua bem compactados que resultem em misturas impermeáveis.

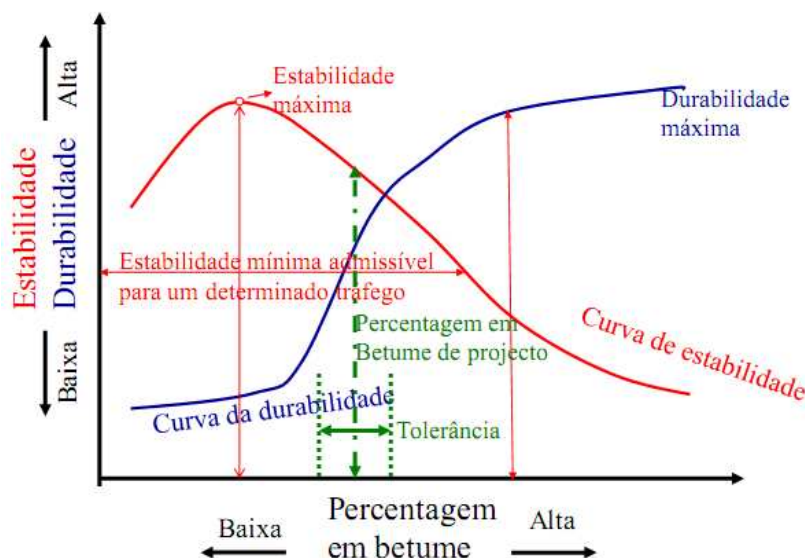


Fig.23 – Relação estabilidade/durabilidade das misturas betuminosas com a percentagem de betume [39]

Deste modo podemos verificar, pela análise da figura 23, que aumentando a percentagem de betume aumenta a durabilidade da mistura, mas diminui a sua estabilidade. Portanto é necessário que a percentagem de betume esteja num determinado intervalo que permita a obtenção de um equilíbrio entre estas duas propriedades.

A **flexibilidade** é uma característica das misturas betuminosas que se relaciona com a sua capacidade de adaptar as deformações que ocorrem nas suas camadas de suporte sem que haja fendilhamento do pavimento. Normalmente esta propriedade aumenta com a percentagem de betume tal como com a utilização de agregados de granulometria relativamente aberta.

A **resistência** à fadiga é uma característica das misturas que lhe permite resistir aos esforços de flexão repetidos a que está sujeita devido à acção do tráfego. Esta propriedade está relacionada com a durabilidade. Logo uma mistura betuminosa resiste melhor à fadiga quanto maior for a percentagem de betume. Para além disso é importante para esta característica que se utilizem materiais bem graduados que levem à obtenção de misturas densas.

A **aderência** é uma propriedade das misturas betuminosas muito importante para as camadas de desgaste especialmente em tempos de chuva. Está relacionada com as boas características de aderência do pavimento aos pneus dos veículos. Não é conveniente que se use betume em excesso de modo a que não se origine uma superfície muito lisa. Os agregados devem ter uma textura superficial rugosa e boa resistência ao desgaste a longo prazo.

A **impermeabilidade** é a característica das misturas betuminosas que lhes permite proteger as camadas inferiores do acesso da água. A quantidade de vazios é uma boa indicação da impermeabilidade das misturas.

A **trabalhabilidade** é uma propriedade das misturas betuminosas que se relaciona com a facilidade das operações de fabrico, espalhamento e compactação. Por vezes a utilização de agregados com o objectivo de melhorar a estabilidade dificulta a colocação das misturas pelo que é necessário obter um equilíbrio na formulação da mistura que permita obter as duas propriedades.

Nas camadas de base e de regularização as características mecânicas são as mais importantes enquanto nas camadas de desgaste são fundamentais as características superficiais que se relacionam com a garantia de segurança e comodidade.

Quanto à temperatura de fabrico distinguem-se dois tipos de misturas betuminosas: misturas betuminosas a quente e misturas betuminosas a frio. No entanto existem muitos outros parâmetros que distinguem os vários tipos de misturas, que são descritos no quadro 15 para cada tipo de mistura com respectivos exemplos.

Quadro 15 – Classificação das misturas betuminosas

Parâmetro de classificação	Tipo de mistura	Exemplos de mistura
Fracção de agregado empregue	Argamassa	ABR
	Macadame	MBB, MBR, SPBF
	Betão	BD, MBD, AMB, BBDD, MBFB, MBBRD
Temperatura de execução	A quente	BD, MBD, AMB, BBDD, MBBRD, MBB, MBR, ABR
	A frio	MBFB, SPBF
% de vazios na mistura	Mistura fechada	ABR, BD, MBD, AMB, MBBRD
	Mistura semi-fechada	MBB, MBR
	Mistura semi-aberta	MBFB, SPBF
	Mistura aberta	BBDD
Granulometria	Contínua	ABR, BD, MBD, AMB, MBBRD, MBB, MBR
	Descontínua	BBDD, SPBF

Legenda:

ABR – Argamassa Betuminosa em camada de regularização

AMB – Mistura Betuminosa de alto módulo de deformabilidade usada em camada de base ou desgaste

BBDD – Betão Betuminoso drenante em camada de desgaste

BD – Betão Betuminoso em camada de desgaste

MBB – Macadame Betuminoso em camada de base

MBBRD – Microbetão Betuminoso Rugoso em camada de desgaste

MBD – Mistura Betuminosa densa em camada de regularização

MBFB – Mistura betuminosa a frio em camada de base

MBR – Macadame Betuminoso em camada de regularização

SPBF – Macadame por semi-penetração em camada de base a frio

5.4.1. MISTURAS BETUMINOSAS A QUENTE

No fabrico das misturas betuminosas a quente pelo menos um dos componentes, agregados ou ligante, é previamente aquecido. As características destas misturas apenas dependem das proporções dos componentes misturados e das suas propriedades.

Os principais tipos de misturas betuminosas a quente aplicadas em Portugal são:

- Macadame por penetração e por semi-penetração;
- Macadame betuminoso (MB);
- Betão Betuminoso (BB);
- Argamassa Betuminosa (AB);
- Mistura betuminosa densa (MBD);
- Misturas de alto módulo de deformabilidade (AMB);
- Betão betuminoso drenante (BBD);
- Microbetão betuminoso rugoso (MBBR).

O **macadame por penetração ou semi-penetração** é uma mistura “in situ” utilizada para camadas de base e regularização. Consiste na realização de uma camada granular com um agregado 20/40 ou 40/60 que é regada com um betume a quente do tipo 160/220 que penetra pelos vazios da camada granular por gravidade. Pode também ser utilizada uma emulsão betuminosa catiónica de rotura média ou rápida que penetra pelos vazios da camada granular por gravidade. Na penetração o ligante penetra até ao fundo da camada conferindo-lhe coesão em toda a sua espessura. Na semi-penetração o ligante penetra apenas até meio da camada. Para finalizar deve espalhar-se um agregado mais fino de recobrimento, de granulometria 4/10 mm ou 4/14 mm, compactado por cilindramento, de modo a que este penetre nos vazios existentes à superfície. Estas técnicas, sobretudo a semi-penetração, são ainda muito usadas nas Estradas Municipais.

O **macadame betuminoso** é uma mistura betuminosa a quente das mais antigas, sendo aplicada em Portugal desde 1987. Esta mistura é utilizada para aplicação em camadas de base e regularização. A sua composição obedece a dois fusos granulométricos específicos. Trata-se de um mistura de granulometria extensa com uma dimensão máxima de 20 mm para o fuso A e 40 mm para o fuso B. O fuso A é utilizado em camadas de base com espessura inferior a 10 cm e de regularização e o fuso B para os restantes casos.

O **betão betuminoso** é uma mistura betuminosa a quente constituída por agregados de dimensão máxima 10 mm ou 14 mm e é utilizado essencialmente para camadas de desgaste. Pode ainda ser usado como camada de regularização subjacente a uma camada de betão betuminoso drenante ou camada delgada, pois é uma mistura fechada e resistente.

A **argamassa betuminosa** é uma mistura betuminosa a quente que pode ser aplicada como camada de regularização quando as espessuras são da ordem dos 2 a 4 cm. A dimensão máxima dos agregados é de 6mm. Para as estradas em estudo, visto o tráfego ser leve e lento, pode também ser usada como camada de desgaste.

O **microbetão betuminoso rugoso** é uma mistura betuminosa usada para aplicação em camadas de desgaste com espessura delgada, 2, 5 cm e 3,5 cm. Não se conhece exactamente a sua contribuição resistente para a estrutura do pavimento. A mistura de agregados é realizada a partir das fracções 0/2 e 6/10 resultando numa granulometria 0/10 com descontinuidade na fracção 2/6.

O **betão betuminoso drenante** é uma mistura betuminosa aberta usada como camada de desgaste com granulometria descontínua com diâmetro nominal máximo do agregado de 14 mm. A mistura de agregados é realizada a partir das fracções 0/2, 6/10 e 10/14 resultando numa granulometria 0/14 com descontinuidade na fracção 2/6 e 10/14. Esta granulometria permite que a drenagem da água que atinge o pavimento se efectue através do interior da camada até as bermas e não pela superfície. Tal como no microbetão betuminoso drenante não se conhece exactamente a sua contribuição resistente para a estrutura do pavimento.

A **mistura betuminosa densa** aplica-se para camadas de regularização. É constituída por um agregado com uma granulometria do tipo 0/20. O teor em betume usado é normalmente superior a 5%, a porosidade de 3 a 5% e o VMA superior a 13%. Esta mistura é muito utilizada em estradas secundárias com tráfegos leves.

As **misturas betuminosas de alto módulo de deformabilidade** têm um melhor comportamento do que as misturas tradicionais pois possuem um módulo de deformabilidade elevado obtido à custa da incorporação de ligantes duros no seu fabrico. As granulometrias mais habituais são 0/10, 0/14 e 0/20 semelhantes à do betão betuminoso convencional. Pelas características já referidas este tipo de mistura têm um melhor comportamento à fadiga a às deformações permanentes.

De acordo com o novo conjunto de normas Europeias, existente no âmbito das misturas betuminosas a quente, surge uma nova designação para este tipo de misturas, apresentada no quadro 16.

Quadro 16 – Novas designações Europeias para as misturas betuminosas e respectiva norma aplicável

Nova designação das misturas betuminosas	Norma Europeia aplicável
Asphalt Concrete	EN 13108-1 – <i>Misturas betuminosas. Especificações dos materiais. Parte 1: Betão betuminoso.</i>
Asphalt Concrete for very thin layers	EN 13108-2 – <i>Misturas betuminosas. Especificações de materiais. Parte 2: Misturas betuminosas para camadas muito delgadas.</i>
Soft Asphalt	EN 13108-3 – <i>Misturas betuminosas. Especificações de materiais. Parte 3: Misturas betuminosas moles.</i>
Hot Rolled Asphalt	EN 13108-4 – <i>Misturas betuminosas. Especificações de materiais. Parte 4: Misturas betuminosas cilindradas a quente.</i>
Stone Mastic Asphalt	EN 13108-5 - <i>Bituminous mixtures. Material specifications. Part 5: Stone Mastic Asphalt.</i>
Mastic Asphalt	EN 13108-6 - <i>Bituminous mixtures. Material specifications. Part 6: Mastic Asphalt.</i>
Porous Asphalt	EN 13108-7 - <i>Bituminous mixtures. Material specifications. Part 7: Porous Asphalt.</i>

Reclaimed Asphalt	EN 13108-8 - <i>Bituminous mixtures. Material specifications. Part 8: Reclaimed asphalt.</i>
-------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

Como podemos verificar no quadro 16, cada um dos grupos das novas misturas betuminosas está abrangido por uma parte da EN 13108 – *Misturas betuminosas. Especificações dos materiais*. Esta norma deve ser utilizada em conjunto com a EN 13108 – 20 – *Misturas betuminosas. Especificações dos materiais. Parte 20: Ensaio de Tipo* e EN 13108 – 21 – *Misturas betuminosas. Especificações dos materiais. Parte 21: Controlo da Produção em Fábrica*, que definem os ensaios de tipo e o controlo da produção em fábrica como parte integrante do sistema de avaliação de conformidade das misturas betuminosas para obtenção da marcação CE.

A conformidade de uma mistura betuminosa com os requisitos constantes da NP EN 13108-1 deve ser atestada por um Organismo Notificado, de acordo com o Sistema de Atestação da Conformidade 2+, conforme previsto no Anexo ZA da NP EN 13108-1. O Produtor deve elaborar uma Declaração de Conformidade CE que inclua, para além de outras informações, a descrição do produto e as disposições com as quais o produto se encontra em conformidade.

O macadame betuminoso, o betão betuminoso, a argamassa betuminosa, a mistura betuminosa densa, o microbetão betuminoso rugoso e mistura betuminosa de alto módulo estão incluídas no grupo do Asphalt Concrete. Este define-se como uma mistura betuminosa na qual as partículas do agregado têm essencialmente uma granulometria contínua, de modo a formar uma estrutura com imbricamento. Não são excluídas as granulometrias descontínuas, desde que não sejam as rugosas que se aplicam no Hot Rolled Asphalt. A sua designação é composta pelos seguintes caracteres alfanuméricos:

- AC – Asphaltic concrete;
- D – Dimensão superior do peneiro em milímetros do agregado utilizado na mistura;
- Surf, base ou bin – Aplicação em camada de desgaste, base ou regularização;
- Ligante – Designação da gama de penetração do betume utilizado.

A título informativo uma mistura AC 16 surf 70/100 é uma mistura Asphalt concrete para aplicação em camada de desgaste na qual a dimensão superior do peneiro do agregado utilizado na mistura é de 16 mm e que utiliza um betume de gama de penetração 70/100. Os requisitos para este tipo de misturas no âmbito da marcação CE podem ser consultados na norma EN 13108 – 1.

O microbetão betuminoso rugoso pertence ao grupo do Asphalt Concrete for very thin layers que se define como uma mistura betuminosa para camadas de desgaste com espessuras entre 10 e 30mm com partículas de agregado descontínuas para promover o contacto das partículas e uma textura superficial aberta. A sua designação é composta pelos seguintes caracteres alfanuméricos:

- ACVTl - Asphalt Concrete for very thin layers thin layers
- D – Dimensão superior do peneiro em milímetros do agregado utilizado na mistura;
- A, B ou C – tipo

A título informativo uma mistura ACVTl 11 A é uma mistura Asphaltic concrete for very thin layers thin layers do tipo A, na qual a dimensão superior do peneiro do agregado utilizado na mistura é de 11mm. Os requisitos para este tipo de misturas no âmbito da marcação CE podem ser consultados na norma EN 13108 – 2.

O betão betuminoso drenante pertence ao grupo do Porous Asphalt que se define como uma mistura betuminosa com elevada percentagem de vazios ligados que permitem a passagem de ar e água para se

obter uma mistura com características drenantes e acústicas. A sua designação é composta pelos seguintes caracteres alfanuméricos:

- PA – Porous Asphalt
- D – Dimensão superior do peneiro em milímetros do agregado utilizado na mistura;
- Ligante – Designação da gama de penetração do betume utilizado

A título informativo uma mistura PA 6 é uma mistura Porous Asphalt na qual a dimensão superior do peneiro do agregado utilizado na mistura é de 6mm. Os requisitos para este tipo de misturas no âmbito da marcação CE podem ser consultados na norma EN 13108 – 7.

O Hot Rolled Asphalt é uma mistura betuminosa cilindrada a quente, densa, descontínua, de ligantes betuminosos, agregado mineral grosso e fino e filer. A existência de agregado fino, filer, ligantes de elevada viscosidade e a reduzida porosidade da mistura são os maiores contributos para a resistência e durabilidade destes materiais.

O Soft Asphalt é uma mistura de um betume mole e agregado. O conceito abrange uma grande variedade de betumes e composições.

O Hot Rolled Asphalt e Soft Asphalt não são aplicados em Portugal.

O Mastic Asphalt é uma mistura em que a granulometria do agregado contém uma baixa porosidade. A percentagem de ligante é ajustada à porosidade do agregado, de modo que preencha todos os vazios. Pode ser aplicado por jorramento, sem necessidade de aquecimento.

No quadro 17 são feitas as equivalências entre as antigas e as novas designações para as misturas betuminosas a quente mais aplicadas em Portugal.

Quadro 17 – Equivalências entre as antigas e novas designações das misturas betuminosas fabricadas a quente

Tipo de camada	Designação anterior	Nova designação
Camada de base	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 32 base ligante (MB)
	Base Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 Base ligante (MB)
	Mistura betuminosa de alto módulo	AC 20 Base ligante (MBAM)
Camada de ligação	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 Bin ligante (MB)
	Mistura betuminosa densa	AC 20 Bin ligante (MBD)
	Mistura betuminosa de alto módulo	AC 16 Bin ligante (MBAM)
	Betão betuminoso subjacente	AC 14 Bin ligante (BBsb)
Camada de regularização	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 reg ligante (MB)
	Mistura betuminosa densa	AC 20 reg ligante (MBD)
	Mistura betuminosa de alto módulo	AC 16 reg ligante (MBAM)
	Betão betuminoso subjacente	AC 14 reg ligante (BBsb)
	Betão betuminoso	AC 14 reg ligante (BB)
	Argamassa betuminosa com betume modificado	AC 4 reg ligante (AB)

Camadas de desgaste	Betão betuminoso	AC 14 surf ligante (BB)
	Betão betuminoso rugoso	AC 14 surf ligante (BBr)
	Microbetão betuminoso rugoso	AC 10 surf ligante (BBr)
	Betão betuminoso drenante	PA 12,5 ligante (BBd)

Nestas novas designações, devido à grande abrangência dos tipos de misturas, uma mesma designação pode corresponder a misturas betuminosas distintas. Sendo assim é recomendável que na classificação se adicionem no final as siglas correspondentes ao tipo de mistura em causa.

5.4.2. MISTURAS BETUMINOSAS FABRICADAS A FRIO

As misturas betuminosas fabricadas a frio são constituídas por uma mistura de agregados ligados com uma emulsão betuminosa e eventualmente água e aditivos, de modo a que depois da rotura todas as partículas de agregados estejam envolvidas pelo ligante. São produzidas em central, espalhadas e compactadas sem que seja necessário o aquecimento preliminar dos componentes. Este tipo de camadas destina-se à execução de camadas de base e de regularização de estradas de tráfego reduzido, no reperfilamento de pavimentos existentes e no enchimento de bermas.

Os principais tipos de misturas betuminosas a frio fabricado em Portugal são:

- Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa;
- Mistura betuminosa aberta a frio.

O agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa é composto pela mistura de agregado britado de granulometria extensa com uma emulsão betuminosa de rotura lenta.

A mistura betuminosa aberta a frio é composta pela mistura de agregados de granulometrias 2/10, 2/14, e 2/20 consoante a espessura das camadas a realizar com uma emulsão betuminosa de rotura média.

Para as misturas betuminosas a frio não existe ainda qualquer normalização Europeia pelo que se mantêm todas as designações e requisitos aplicados anteriormente.

5.5. TRATAMENTOS SUPERFICIAIS

Os tratamentos superficiais não aumentam a capacidade estrutural do pavimento, tendo apenas como objectivo fornecer-lhe uma maior qualidade nas características superficiais como textura e impermeabilização. De acordo com o quadro 18 pode considerar-se como um tratamento superficial uma rega só com ligante, um revestimento superficial e uma mistura betuminosa em camada delgada.

Quadro 18 – Classificação dos tratamentos superficiais

Parâmetro para classificação	Tipos mais usuais
Regas só com ligante	Anti-pó
	De impregnação
	De colagem
	De cura
Revestimentos superficiais	Simples
	Duplo
	Simples com duplo espalhamento de gravilha
	Inverso
Misturas betuminosas em camadas delgadas	Slurry Seal
	Microaglomerado betuminoso a frio

Actualmente os principais revestimentos superficiais utilizados em Portugal são:

- Microaglomerado betuminoso a frio;
- Revestimento superficial betuminoso;
- Lama asfáltica (Slurry Seal).

O microaglomerado betuminoso a frio simples é composto por uma mistura de agregado de granulometria 0/6 e de uma emulsão betuminosa modificada. No caso de uma microaglomerado betuminoso duplo faz-se uma primeira aplicação com uma mistura de emulsão modificada com agregado 0/4 e posteriormente é feita uma seguinte aplicação com outra mistura de emulsão modificada com agregado 4/8.

O revestimento superficial betuminoso consiste na aplicação de uma camada de betume ou emulsão betuminosa seguida da aplicação de um agregado fino cilindrado para que fique incrustado no ligante. De Acordo com o Mandato Europeu M /124 a norma Europeia aplicável é a EN 12271 – *Surface dressing. Requirements*.

O Slurry Seal é uma mistura betuminosa composta por agregados finos e emulsão betuminosa. É utilizada sobretudo para colmatação de fissuras de modo a impermeabilizar a superfície e proporcionar-lhe boas características de rugosidade. Esta técnica foi bastante utilizada em Portugal, no entanto a sua utilização tem caído em desuso devido à baixa macro e microrugosidade obtida, que diminui a aderência dos pneus. É contudo ainda utilizada em operações de reabilitação para intervenções de fundo como tratamento prévio de pavimentos fendilhados antecedendo a realização de uma superfície “anti-fendilhamento”. De Acordo com o Mandato Europeu M /124 a norma Europeia aplicável é a EN 12273 – *Slurry surfacing. Requirements*.

5.6. CALÇADA DE CUBOS OU PARALELÍPEDOS

A tradicional calçada de cubos é até hoje utilizada em muitas Estradas Municipais menos importantes.

Por este motivo foi admitida a sua utilização como camada de desgaste, nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE.

A sua utilização é ainda bastante frequente nos passeios e áreas pedonais urbanas, sendo que nestas zonas a estrutura do pavimento será diferente e os cubos terão menores dimensões.

A constituição deste tipo de pavimentos será a definida em projecto, no entanto habitualmente é recomendável que em zonas de tráfego de veículos se tenha a seguinte estrutura:

- Camada de brita com pelo menos 10 cm;
- Geotêxtil;
- Camada de agregado britado de granulometria extensa com pelo menos 20 cm;
- Camada de areia com pelo menos 15mm de espessura;
- Camada de cubos ou paralelepípedos.

Para melhoria do efeito de drenagem seria mais eficaz que a estrutura fosse invertida com a camada de brita imediatamente abaixo da camada de areia, antecedida em profundidade do geotêxtil e seguida da camada de agregado britado de granulometria extensa. No entanto a acção do tráfego poderia causar problemas na camada de brita que tem pouca resistência. Nas zonas onde o tráfego é apenas pedonal e não existem acções muito severas pode ser utilizada esta solução.

É de salientar que este tipo de pavimento deve ser evitado em zonas de forte inclinação, onde circulem veículos pesados. Nestas situações a drenagem é ainda mais complicada, sobretudo em zonas onde se realizem muitas manobras. Nestes casos será mais vantajosa a utilização dos paralelepípedos.

No sector dos minerais e rochas industriais, o subsector das pedras naturais é o mais importante pelo seu impacto ao nível das exportações. O mercado da pedra natural é cada vez mais rigoroso ao nível da qualidade e, como se trata de um subsector de exportação/importação, a certificação dos seus produtos constitui uma mais-valia tornada quase imprescindível.

Para alguns sectores relacionados com a pedra natural a marcação CE é obrigatória desde 1 de Outubro de 2003, a qual inclui lajes de pedra natural para pavimentos exteriores, calçada de pedra natural para pavimentos exteriores e lancil de pedra natural para pavimentos exteriores.

As normas em vigor são:

- NP EN 1341 – *Lajes de pedra natural para pavimentos exteriores. Requisitos e métodos de ensaio.*
- NP EN 1342 – *Cubos e paralelepípedos de pedra natural para pavimentos exteriores. Requisitos e métodos de ensaio.*
- NP EN 1343:2005 – *Guias de pedra natural para pavimentos exteriores. Requisitos e métodos de ensaio.*

5.7. MACADAME HIDRÁULICO

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE foi adicionado o macadame hidráulico de modo a que pudesse ser utilizado em estradas de menor importância como caminhos secundários ou estradas florestais.

O princípio construtivo deste tipo de pavimento consiste na realização de camadas de materiais duros de granulometria aberta que adquirem estabilidade ao serem comprimidos uns contra os outros por uma espécie de aperto em cunha mas sem haver propriamente compactação.

A sub-base é normalmente constituída por uma blocagem que é composta pela justaposição de grandes pedras colocadas à mão com espessura de 15 a 25 cm que são cilindradas e os vazios assim preenchidos por pedras mais pequenas.

O macadame propriamente dito é constituído por uma camada de pedras duras de diâmetro que varia entre 5 e 7 cm. A espessura de cada camada não é uniforme. No entanto, geralmente, não ultrapassa 1,5 vezes o diâmetro das maiores pedras. Estes materiais são apertados de forma intensa sob a compressão de um cilindro de rasto liso. Posteriormente enchem-se os vazios com água e saibro.

A execução destes pavimentos é feita com a seguinte sequência:

- Brita de 5 a 7cm;
- Rega e cilindramento (ligeiro);
- Ensaibramento;
- Rega e cilindramento (ligeiro);
- Brita de 5 a 7 cm com 10 cm de espessura;
- Ensaibramento;
- Rega e cilindramento (intenso);
- Brita de 4 a 5 cm com 1 cm de espessura;
- Ensaibramento;
- Rega e cilindramento.

A resistência destes pavimentos tem origem no imbricado de pedras resistentes e não na compacidade das camadas. O emprego de água e saibro tem um interesse adicional:

- Manter a disposição das pedras;
- Dar resistência aos esforços tangenciais;
- Diminuir ou eliminar a permeabilidade do pavimento;
- Permitir receber o tapete superficial.

5.8. TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Durante toda a sua vida útil, os pavimentos estão sujeitos à acção do tráfego e das condições climáticas. Por isso é frequente que necessitem de intervenções de conservação ou reabilitação, não previstas, mesmo antes de atingirem o final do período de vida para o qual foram projectados e construídos. Ao atingirem o estado de degradação os pavimentos perdem a capacidade de suportar as cargas dos veículos e proporcionam aos utentes incomodidade na circulação.

Em Portugal, durante décadas, foi a actividade da construção de novos pavimentos que obteve maior protagonismo ao nível dos recursos financeiros proporcionados e da importância política prestada.

A reabilitação e conservação de pavimentos são porém imprescindíveis para a preservação de um património valioso que é a rede nacional de estradas existentes. Esta abordagem terá num futuro muito próximo uma importância que deverá conduzir à adopção de uma visão proactiva no domínio da gestão rodoviária. Esta visão global da reabilitação terá que integrar todas as componentes da rede rodoviária, assim como todos os intervenientes com o seu serviço.

A falta de gestão racional é que conduz à ruína do pavimento. O pavimento representado na figura 24, com fendilhamento do tipo pele de crocodilo, corresponde a um estado de ruína inicial, aparentemente não apresentando uma significativa redução da sua qualidade estrutural. Entretanto, se nada for feito, este pavimento evoluirá para o estado de fendilhamento do tipo pele de crocodilo aberta, evidenciado na figura 25, já com degradação dos bordos e com deformação resultante do comportamento das

camadas inferiores (granulares) e solo de fundação. Esta situação corresponde a um avançado estado de ruína, já com manifesta redução da sua qualidade estrutural, requerendo uma intervenção de reconstrução que não seria necessária se tivesse sido realizada anteriormente a sua conservação.



Fig.24 – Pavimento fendilhado, pele de crocodilo [50]



Fig.25 – Pavimento em estado de ruína [50]

É extremamente importante que se mantenham as qualidades estruturais e funcionais do pavimento de modo a que se obtenha a máxima qualidade que os recursos financeiros disponíveis possibilitam obter. Além disso é preferível, sempre que possível, que perante um aumento dos níveis de tráfego nas estradas se melhorem as características estruturais de um determinado pavimento, de modo a que ele possa suportar maiores solicitações, do que construir uma nova estrada.

A reabilitação das características superficiais tem como finalidade proporcionar aos utentes um nível de serviço adequado com o máximo de conforto e segurança na circulação. As novas camadas actuam ao nível da textura superficial aumentando a regularidade e a impermeabilidade, e diminuindo a rugosidade e o ruído.

As técnicas de reabilitação das características superficiais, maioritariamente aplicadas a nível nacional, implicam as seguintes camadas betuminosas:

- Revestimentos superficiais;
- Microaglomerado betuminoso a frio;
- Microbetão betuminoso rugoso;
- Argamassa betuminosa.

Os **revestimentos betuminosos superficiais** ao combinarem diferentes camadas de agregado e de ligante podem ser do tipo simples ou duplo. Os revestimentos simples constituem a estrutura mais económica mas que suporta tráfegos mais reduzidos e que necessita de agregados mais homogéneos. É constituída por uma camada de ligante seguida de uma aplicação de agregado. Os revestimentos duplos são constituídos por revestimentos simples seguidos de nova aplicação de ligante e posteriormente agregado. São bem adaptados a pavimentos heterogéneos e garantem uma boa impermeabilização.

O microaglomerado betuminoso a frio é constituído por uma mistura betuminosa a frio com emulsão betuminosa que é em geral modificada. É realizado in situ com equipamento apropriado e depois espalhada em estado fluido sobre o pavimento existente, numa camada bastante delgada. Esta técnica tem várias vantagens inerentes ao facto de ser uma técnica a frio havendo uma poupança energética e

um custo mais reduzido, aliado ao facto de proporcionar boas características superficiais em termos de aderência, impermeabilidade e rugosidade. Quando os pavimentos possuem elevada deformabilidade poderá recorrer-se a uma aplicação dupla. No entanto poderá ser necessário o reperfilamento para se obter um adequado estado de regularidade. Esta técnica é bastante apropriada a locais urbanos pois, devido à pequena espessura da camada não provoca aumento significativo de espessura do pavimento e origina um baixo ruído da circulação. Pode também ser utilizada para selagem de juntas longitudinais e reparações localizadas.

O **microbetão betuminoso rugoso**, tal como já referido, é mais adequado para auto-estradas e vias rápidas que são vias de tráfego mais elevado e de maior velocidade. Para as estradas em estudo, onde o tráfego é mais ligeiro e lento, têm maior aplicabilidade os revestimentos superficiais e o microaglomerado betuminoso a frio.

A **argamassa betuminosa** é uma mistura betuminosa a quente que também pode ser utilizada na reabilitação de características superficiais das camadas de desgaste de pavimentos existentes. É adequada para situações de tráfego não muito elevado devido à grande deformabilidade que apresenta. Poderá ser uma boa solução a curto prazo quando se pretenda adiar uma reabilitação estrutural pois adapta-se a pavimentos bastante deformados. A argamassa betuminosa com betume modificado é muito utilizada em Portugal como interface retardadora do processo de propagação de fissuras.

O revestimento betuminoso superficial é a técnica que permite obter uma maior optimização da relação benefício/custo. Em contrapartida o seu sucesso depende da boa capacidade de suporte do pavimento existente que deve estar pouco fendilhado e deformado.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE foram considerados para tratamento superficial os revestimentos superficiais, o microaglomerado betuminoso a frio e a argamassa betuminosa. Pelas razões já enunciadas não foi considerado o microaglomerado betuminoso rugoso.

5.9. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS

O desenvolvimento sustentável pressupõe a preocupação não só com o presente mas com a qualidade de vida das gerações futuras, protegendo os recursos naturais, cuja disponibilidade é cada vez mais escassa e limitada.

Uma das estratégias para garantir um desenvolvimento sustentável é a reciclagem que reutiliza os materiais existentes em alternativa ao uso constante de novos materiais e ainda à consequente colocação em depósito dos materiais não reutilizáveis. Na construção rodoviária começam a estar presentes estes objectivos ao nível da reciclagem e reutilização dos pavimentos existentes.

A reciclagem de pavimentos surgiu nos finais dos anos 70 nos Estados Unidos da América, durante a crise petrolífera então vivida, com o objectivo de conservação de energia e para contornar os problemas económicos causados pelo aumento do preço do petróleo. Nos últimos anos esta técnica renasceu devido aos problemas ambientais da actualidade mas o factor económico continua a ser o principal motivador da sua utilização.

A reciclagem assume particular destaque para a manutenção e reabilitação das estruturas viárias em serviço ao diminuir os custos, minimizar os tempos de intervenção e otimizar as características da estrada perceptíveis aos utentes. Por outro lado reduz fortemente os impactos negativos no meio ambiente possibilitando a redução da extracção de materiais granulares em pedreiras ou seixeiros, evitando a colocação dos materiais degradados em depósitos e reduzindo também o consumo de

energia. Os materiais granulares já são escassos em várias zonas do país, o que traz a necessidade de usar materiais com origens distantes que os tornam mais caros.

As vantagens da reciclagem do ponto de vista energético, económico e ambiental são incontestáveis, porém existem muitas outras vantagens técnicas:

- Aproveitamento dos materiais envelhecidos, contaminados ou de características inadequadas, do pavimento existente;
- Manutenção da cota da rasante da estrada, factor muito importante no caso de arruamentos urbanos (travessias de zonas pedonais, cruzamentos, estruturas de passeios, zonas de gabarit limitado como túneis e passagens inferiores a viadutos, entre outras);
- Melhoria do perfil longitudinal ou transversal da estrada que normalmente está irregular devido ao estado deteriorado do pavimento;
- Possibilidade de reabilitação estrutural de uma só via da estrada que se torna importante em vias com mais de uma faixa por sentido nas quais as degradações mais evidentes são na faixa onde circula mais tráfego pesado;
- Colocação de uma camada de reforço sobre um pavimento não deteriorado com vista a um aumento do período de vida útil do pavimento;
- Remoção completa das fendas ocorrendo uma homogeneização das características dos materiais e eliminando-se o fenómeno de reflexão de fendas que ocorre quando apenas se efectua um reforço nas misturas betuminosas fendilhadas;
- Diminuição dos problemas causados à normal circulação do tráfego por não se tornar necessário fechar a estrada à circulação nas faixas adjacentes durante as operações construtivas;
- Menor deterioração das estradas adjacentes devido à menor quantidade de materiais transportados;
- Rapidez de execução associada aos novos equipamentos de reciclagem, espalhamento e pavimentação.

A reciclagem possibilita o aumento da capacidade estrutural e da homogeneidade do pavimento com recurso a uma utilização mínima de agregados. É utilizada sobretudo na reabilitação de pavimentos flexíveis em estado de ruína com bases granulares e pavimentos betuminosos num estado limite de conservação.

Analisando o problema das estradas em estudo, perante a falta de recursos financeiros com os quais as administrações se deparam, a reciclagem de pavimentos pode ser uma excelente solução para que se aposte na conservação e reabilitação da rede rodoviária. As soluções clássicas de reforço e reconstrução, nos quais se realizava a fresagem das misturas betuminosas degradadas, implicam um transporte das mesmas a vazadouro e a execução de um reforço com uma nova mistura betuminosa, envolvendo um maior recurso de materiais e energia. Apesar da reciclagem implicar quase sempre um reforço de 5 a 6 cm com misturas betuminosas pois a camada de base é que constitui a camada reciclada, esta técnica pressupõe sempre uma economia de materiais em relação às soluções convencionais. O uso de técnicas de reciclagem permite melhores resultados a médio e longo prazo.

As Estradas Municipais da rede nacional são estradas cujos pavimentos já sofreram ao longo dos anos operações de enchimentos, saneamentos, tratamentos superficiais, reforços, etc. Normalmente na sua superfície observam-se bastantes patologias como ondulações, deformações, fendas, exsudação de betume, etc. A reciclagem revela-se uma técnica interessante para resolução deste tipo de patologias. O ponto de partida deverá ser sempre uma correcta análise da capacidade estrutural do pavimento ainda existente de modo a identificar uma solução que o torne capaz de desempenhar o seu papel

estrutural evitando a sua total reconstrução ou a utilização de maiores espessuras de material betuminoso. A possível utilização da reciclagem e o tipo de reciclagem a utilizar deve ser analisada caso a caso, ponderando de forma cuidada e sensata as distintas possibilidades e as vantagens e desvantagens inerentes a cada caso. Não se deve reciclar apenas por ser um cenário ecológico mas sim porque é tecnicamente e economicamente adequado.

Em resumo considera-se que a reciclagem é um método de construção vantajoso e com um futuro muito promissor. Noutros países esta técnica tem uma utilização generalizada com sucesso. No entanto, em Portugal, existe ainda muito pouca experiência, não tanto pela sua complexidade de execução mas sim pelo desconhecimento e pela insegurança técnica. Por isso é indispensável que se continuem as investigações e experiências de modo a que se melhorem as características dos materiais, dos equipamentos e o tipo de controlo de execução das obras que é extraordinariamente importante na qualidade final. A inovação na engenharia rodoviária deve ser usada ao serviço da sociedade compreendendo a inovação ao nível da qualidade de circulação e a conservação sustentável dos pavimentos.

Os tipos de reciclagem distinguem-se quanto ao local onde se produz a mistura, quanto a temperatura à qual ela se produz, pelas características do material a reciclar e pelo tipo de ligante utilizado. No quadro 19 são apresentados os distintos tipos de reciclagem geralmente empregues.

Quadro 19 – Tipos de reciclagem

Tipos de reciclagem	
Local onde se produz a mistura	<ul style="list-style-type: none"> – In situ – Em central
Temperatura da mistura	<ul style="list-style-type: none"> – A frio in situ – A quente: in situ ou em central
Características do material a reciclar	<ul style="list-style-type: none"> – Camada homogénea – Duas ou mais camadas com diferentes tipos de materiais
Tipo de ligante	<ul style="list-style-type: none"> – Cimento – Cal e Cimento – Emulsão betuminosa – Espuma de betume – Cimento e emulsão

Quando a reciclagem é efectuada em central existe um custo complementar devido ao transporte dos materiais. Nesta técnica os materiais são fresados e transportados para central, onde se produz a mistura a quente por métodos convencionais. No entanto apenas uma parte dos agregados utilizados são reciclados sendo adicionados agregados novos. Neste tipo de reciclagem há uma melhor precisão na dosificação e selecção de componentes que estas proporcionam e nas características dos materiais.

As reciclagens in situ a quente não têm tido grande aplicabilidade em Portugal sobretudo devido ao custo dos equipamentos.

Pelo contrário a técnica de reciclagem in situ a frio tem vindo a sofrer um grande desenvolvimento, motivado pela simplicidade do equipamento que utiliza. Para além disso existem ainda outros factores que explica o seu sucesso:

- Menor custo pois não é necessário transportar o material para a central;
- Menor gasto energético;
- Menor degradação das estradas existentes visto que não é necessário transportar o material.

Nas obras rodoviárias nacionais são normalmente efectuados os seguintes tipos de reciclagem:

- Reciclagem “in situ” a frio, com emulsão betuminosa;
- Reciclagem “in situ” a frio com cimento;
- Reciclagem “in situ” a frio com adição de cimento e emulsão;
- Reciclagem em central, a quente, com adição de betume e material fresado;

Existem porém outros tipos de reciclagem:

- Reciclagem em central semi-quente de camadas de misturas betuminosas;
- Reciclagem “in situ”, com betume de espuma;
- Reciclagem “in situ”, a quente;

A reciclagem em central semi-quente permite reciclar até 100% de material fresado proveniente das camadas dos pavimentos. O material é aquecido até 90° no tambor de uma central a quente, contínua ou descontínua e posteriormente é misturado no misturador da central com uma emulsão betuminosa adequada.

Em Portugal realiza-se sobretudo reciclagem “in situ” a frio e nas Estradas Municipais em estudo será esta técnica a mais apropriada devido a factores económicos e de facilidade de execução. Nesta adaptação ao Caderno de Encargos da ex-JAE foi admitida a execução de:

- Reciclagem in situ a frio com cimento;
- Reciclagem in situ a frio com emulsão betuminosa;

Nesse processo de reciclagem a frio são reutilizados os materiais do pavimento antigo na construção de uma nova camada através da desagregação dos mesmos até uma certa profundidade e adição de um ligante, água, adjuvantes e aditivos, com a dosificação obtida através de ensaios. Os materiais são misturados in situ sem aquecimento e a mistura homogénea é colocada e compactada constituindo normalmente uma camada de base. O processo, geralmente completa-se com a aplicação de uma revestimento superficial betuminoso, ou de uma ou mais camadas de misturas betuminosas para garantir, estruturalmente, as necessidades desse pavimento, ou para dotar a superfície das características adequadas ao tráfego que irá suportar. O funcionamento da reciclagem “in situ” está ilustrado na figura 26.

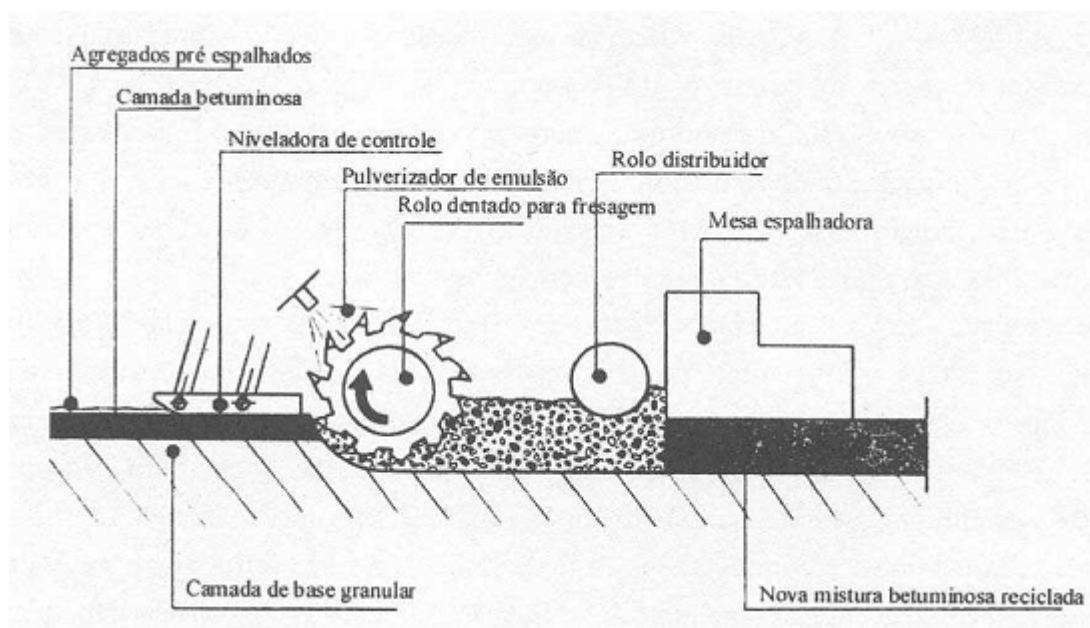


Fig. 26 – Funcionamento da reciclagem “in situ” a frio [55]

Os ligantes utilizados podem ser cimento ou emulsão. Surgiu recentemente uma nova técnica na qual é utilizado como ligante a espuma de betume. A espuma de betume é produzida através da adição de pequenas quantidades de água ao betume quente. Quando se junta a água ao betume quente esta evapora-se rapidamente levando o betume a formar uma “espuma” com um volume superior ao volume inicial de betume. Deste modo aumenta-se a superfície específica de betume e reduz-se significativamente a sua viscosidade. Devido a inexperiência existente em Portugal pela maioria dos construtores este tipo de ligante não foi ainda considerado no Caderno de Encargos que é objecto deste estudo.

A reciclagem in situ com cimento é uma solução utilizada para reforço estrutural dos pavimentos com popularidade crescente em todo o mundo. Uma das razões mais importantes para os avanços sofridos foi a evolução ao nível dos equipamentos que permitem uma grande facilidade e rapidez de execução. Por outro lado também tem sido aprofundado o conhecimento dos materiais reciclados e dos estudos para a determinação das fórmulas de trabalho. Este tipo de reciclagem utiliza-se quando é necessário obter um grande incremento na capacidade de suporte do pavimento existente, com uma utilização reduzida de novas camadas de misturas betuminosas. Estas situações ocorrem frequentemente em Portugal quando se está perante pavimentos de forte espessura de material granular com camadas betuminosas degradadas. A utilização do cimento como ligante possibilita a rápida obtenção de resistência. Proporciona uma coesão e resistência que aumentam com o tempo e por outro lado produz-se uma diminuição da plasticidade no caso de existirem bases granulares contaminadas. Para além disso permite a reciclagem do pavimento em profundidades importantes que não podem ser atingidas numa reciclagem com emulsão. Neste tipo de reciclagem, o pavimento flexível passa a ser do tipo semi-rígido.

No caso da reciclagem com emulsão, ao material desagregado mistura-se emulsão betuminosa e uma quantidade de água mínima necessária à pré-molhagem dos agregados. Depois de espalhado e compactado pode-se conseguir um material com características semelhantes a uma base tratada com emulsão ou uma mistura betuminosa densa a frio. Por vezes são adicionadas pequenas quantidades de

cimento ou cal, de modo a que seja acelerada a rotura, designando-se nestes a técnica por reciclagem a frio mista. O processo construtivo da reciclagem com emulsão é semelhante à da reciclagem com cimento. Esta técnica é normalmente utilizada para recuperar camadas de desgaste envelhecidas em pavimentos com capacidade estrutural adequada às condições de tráfego.

Os procedimentos construtivos e as características dos materiais inerentes a estas duas técnicas de reciclagem a frio serão mais detalhados no volume relativo ao Caderno de Encargos.

A reciclagem com emulsão betuminosa é bastante mais cara do que a reciclagem com cimento e apresenta uma maior sensibilidade às condições climáticas não podendo ser utilizada em zonas muito húmidas pelo facto de impossibilitar a rotura da emulsão. O teor em humidade é por vezes tão elevado que fica saturado com a emulsão. Tem uma boa resistência à fadiga e apresenta uma grande facilidade de aplicação. As camadas recicladas com cimento apresentam maiores resistências à compressão e maiores módulos de deformabilidade apesar de serem mais propensas ao fendilhamento. No entanto o tratamento com este tipo de ligante, traduz-se numa maior estabilidade e capacidade de suporte em condições de humidade variáveis.

5.10. CONTROLO DA QUALIDADE

O controlo de qualidade é realizado com base num conjunto de ensaios realizados com uma determinada frequência que possibilitam a verificação de todas as especificações dos materiais elementares que formam as misturas, controlam o seu fabrico e a sua qualidade final antes e após a execução das camadas.

O controlo de qualidade após execução baseia-se essencialmente em controlar:

- Tolerância relativa em relação à espessura das camadas;
- As irregularidades médias longitudinais e transversais;
- Valores de IRI: Índice Internacional Roughness Index;
- Valores de altura de areia;
- Resistência à derrapagem.

A textura superficial da camada de desgaste de um pavimento realiza um papel essencial para a sua qualidade funcional ao nível da resistência ao deslizamento e da produção de ruído. Deste modo tem uma influência directa na segurança, no custo de operação dos veículos e no conforto proporcionado aos utilizadores.

Existem vários domínios de textura em função do comprimento de onda:

- Microtextura;
- Macrotextura;
- Megatextura.

A macrotextura corresponde ao domínio cujos comprimentos de onda variam entre 0,5mm e 50mm e a amplitude vertical entre 0,1mm a 20mm. Esta escala de textura relaciona-se com os comprimentos de onda da mesma ordem de grandeza do relevo da superfície pneu-pavimento correspondendo às asperezas superficiais do pavimento causadas pelas protuberâncias causadas pelo agregado. Está relacionada com o atrito em altas velocidades, a capacidade do pavimento drenar a água superficial evitando o fenómeno da aquaplanagem, o desgaste dos pneumáticos e os excessivos níveis de ruído.

A microtextura corresponde ao domínio cujos comprimentos de onda variam entre 1µm e 0,5mm e a amplitude vertical de 1µm e 0,2mm. Esta característica está relacionada com a própria superfície do

agregado mineral (que pode ser áspera ou polida) e que tem fundamental importância para romper o filme de água no contacto pneu-pavimento. A microtextura pode ser avaliada indirectamente por um coeficiente de atrito e permite caracterizar uma superfície em mais ou menos rugosa, mas suficientemente lisa para ser observada a olho nu.

A megatextura corresponde ao domínio cujo comprimento varia entre 50 mm e 500mm e a amplitude vertical de 0,1mm a 50mm. Estas irregularidades superficiais são capazes de produzir vibrações e considerados defeitos no pavimento afectando o atrito pneu/pavimento, o conforto e o custo operacional dos veículos. Esta característica não é normalmente avaliada.

A figura 27 apresenta, esquematicamente, a representação de macro e microtextura.

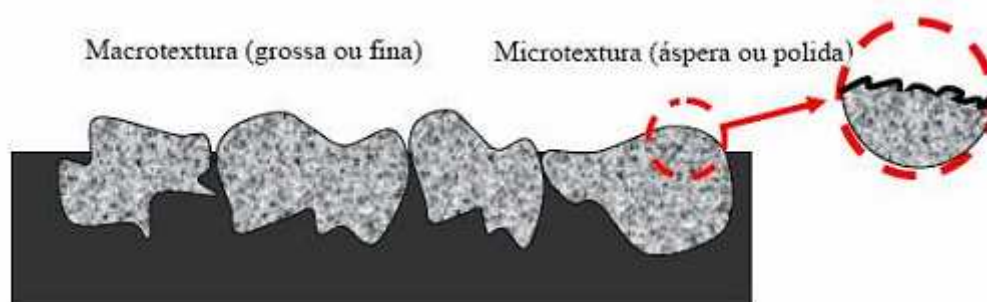


Fig.27 – Representação da microtextura e da macrotextura

O ensaio de mancha de areia permite a determinação da altura de areia com vista à avaliação da profundidade média da macrotextura da superfície da camada de desgaste. Este ensaio consiste no espalhamento de um determinado volume de areia sobre a superfície do pavimento. Uma vez conhecida a área da superfície de espalhamento da areia é possível determinar a profundidade média das depressões da superfície da camada de desgaste do pavimento pois o seu volume é conhecido. Este ensaio constitui um bom indicador do potencial atrito pneu-pavimento por estabelecer uma medida directa da macrotextura. O atrito pneu-pavimento é sobretudo essencial para estradas onde se praticam velocidades elevadas. Os valores mínimos de altura de areia recomendados relacionam-se com o tipo de mistura betuminosa e com a velocidade de circulação.

A resistência à derrapagem, que está relacionada com a microtextura, pode ser avaliada através de ensaios de medição do coeficiente de atrito em contínuo. Essa medição poderá ser feita com o aparelho SCRIM. Em alternativa poderá ser utilizado o Pêndulo Britânico que foi um dos primeiros aparelhos a ser utilizado para este objectivo.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE retirou-se a exigência da medição do coeficiente de atrito SCRIM a 120 km/h apenas se considerando a medição para os 50 km/h pois nas estradas em estudo as velocidades praticadas são da ordem deste valor. Foram ainda introduzidos para as camadas recicladas a frio in situ com cimento e com emulsão betuminosa, os ensaios e a frequência com que devem ser realizados, para que se efectue o seu controlo de qualidade. Para além disso foram actualizadas todas as normas relativas aos ensaios de controlo da qualidade.

6

OBRAS ACESSÓRIAS

6.1. PREÂMBULO

Os grandes grupos de trabalho tradicionalmente considerados como trabalhos rodoviários são as terraplenagens, a drenagem e a pavimentação. Porém existem outros trabalhos que são imprescindíveis para a concretização da infra-estrutura rodoviária e que constituem a Sinalização e Segurança e as Obras Acessórias. Estes últimos trabalhos englobam:

- Integração paisagística: revestimento vegetal, sementeiras e plantações;
- Construção de estruturas de suporte;
- Revestimento de taludes e canais;
- Vedações da zona da estrada;
- Medidas minimizadoras de ruído;
- Reposição dos diversos serviços de interesse público afectados ou a construção de novos.

A organização deste capítulo no Caderno de Encargos foi alterada, à semelhança das restantes áreas de trabalho, optando-se por incluir em cada tema das obras acessórias os materiais e os processos construtivos referentes.

6.2. INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA

A integração paisagística tem como objectivo favorecer o enquadramento da estrada em relação à envolvente, reduzindo-lhe o impacto visual. Para além disso pretende promover a recuperação das áreas afectadas pela implantação da via.

Este fim é atingido com a concretização de um adequado revestimento vegetal dos taludes e com a previsão de sementeiras e plantações que se adaptem à envolvente da via e à vegetação característica da região.

Neste caso particular as Estradas Municipais em estudo não diferem significativamente das EE.NN. já que também elas têm impactes negativos na paisagem envolvente.

6.3. VEDAÇÕES E MEDIDAS MINIMIZADORAS DE RUÍDO

Em determinados tipos de estradas (auto-estradas, vias rápidas, etc), onde as velocidades praticadas são elevadas e onde a função circulação é preponderante, é normalmente efectuada uma vedação em rede da zona da estrada. Esta protecção pretende impedir a entrada de pessoas e animais que possam causar acidentes na faixa de rodagem. Cria-se deste modo um grau de rotura com o território envolvente. As

vedações podem ser colocadas no limite esquerdo das faixas de rodagem ou então no separador central.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE não foram incluídas as vedações pois a sua utilização não se revela adequada para o tipo de Estradas Municipais consideradas. Estas vias inserem-se num ambiente local no qual os peões e os automóveis partilham o mesmo espaço e onde é necessário assegurar o acesso das pessoas aos diferentes espaços. Não é coerente colocar barreiras que impeçam as pessoas de atravessar a faixa de rodagem pois nestas vias a função acessibilidade é a preponderante.

As barreiras acústicas são utilizadas como medidas minimizadoras do ruído. São colocadas no limite esquerdo da faixa de rodagem e destinam-se a servir de barreira entre o ruído causado pela circulação de veículos e a envolvente à estrada sobretudo quando nessa envolvente existem áreas urbanisticamente ocupadas. Os materiais mais correntes para as barreiras acusticas são o cimento, o vidro, a madeira, os materiais cerâmicos, materiais metálicos, entre outros. Como elementos absorventes são usados a lã mineral, a fibra de vidro, etc. Existem cada vez mais soluções com uma grande variedade estética como podemos observar na figura 28.



Fig.28 – Barreiras acústicas [57]

Em Portugal tem-se verificado um crescimento acentuado da colocação de barreiras acústicas tentando responder às exigências de qualidade ambiental determinadas pela Comunidade Europeia.

No âmbito da quantificação e do controlo do ruído produzido pelo tráfego rodoviário foram elaboradas várias normas europeias. Estas normas instituem um conjunto de procedimentos que têm como objectivo a determinação das características intrínsecas dos dispositivos de redução do ruído quer em

laboratório quer in situ. Deste modo é possível às empresas atestarem a qualidade dos seus produtos e por outro lado às administrações rodoviárias verificarem a qualidade dos produtos que vão ser utilizados de modo a que escolham a solução mais adequada. A colocação de barreiras acústicas nem sempre se traduz numa redução eficaz do ruído e por isso as soluções devem ser convenientemente ensaiadas.

As especificações a serem seguidas em relação aos dispositivos de ruído de tráfego estão contidas nas seguintes normas:

- EN 14388 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Especificações.*
- EN 14389 – *Road traffic noise reducing devices. Procedures for assessing long term performance. Part 1: Acoustical characteristics.*
- NP EN 1793-1 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Método de ensaio para determinação do desempenho acústico. Parte 1: Características intrínsecas da absorção sonora*
- NP EN 1793-2 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Método de ensaio para determinação do desempenho acústico. Parte 2: Características intrínsecas do isolamento a sons aéreos.*
- NP EN 1793-3 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Método de ensaio para determinação do desempenho acústico. Parte 3: Espectro normalizado do ruído de tráfego.*

O ruído provocado por um veículo tem essencialmente três componentes: a originada pelo motor, o efeito aerodinâmico e o contacto do pneu com a via. A velocidade de circulação condiciona a contribuição de cada uma das componentes deste ruído causado pelo tráfego. Perante baixas velocidades o ruído predominante é o do motor enquanto que para altas velocidades o efeito do contacto pneu/pavimento é a principal causa do ruído. No caso das estradas em estudo, face ao ruído preponderante ser o do motor, a solução mais eficaz para o seu controlo será a colocação de barreiras acústicas. O uso de camadas de desgaste que minimizem o ruído não será o mais apropriado tal como foi referido no capítulo 5 – *Pavimentação*.

6.4. ESTRUTURAS DE SUPORTE E REVESTIMENTO DE TALUDES

Nas estruturas de suporte englobam-se todas aquelas que garantem a estabilidade e reforço dos taludes, muros ou outras estruturas geotécnicas.

Nestes trabalhos a Mecânica dos Solos está mais uma vez aliada às obras de Vias de Comunicação à semelhança do que acontece nos processos de terraplenagem.

São consideradas nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE como estruturas de suporte:

- Muros de suporte, vedação ou espera;
- Paredes de ancoragens e pregagens.

Um muro é uma estrutura contínua de contenção com parede vertical ou quase vertical apoiada numa fundação rasa ou profunda, que, de forma activa ou passiva produz um efeito estabilizador sobre uma massa de terra. São utilizados quando as condições existentes não permitem essas massas de terra ou outros materiais soltos assumam as suas pendentes naturais devido a uma largura de aterro ou escavação limitada. Além disso também são utilizados como meios de vedação. É necessário repor os muros dos terrenos circundantes que sejam afectados durante a execução da estrada

Os muros podem ser construídos em alvenaria ou em betão (simples ou armado), ou ainda, com elementos especiais. Os principais muros de contenção dividem-se em:

- Muros de gravidade;
- Muros de betão armado;
- Muros de terra armada e solo reforçado.

As paredes de ancoragens e as pregagens são também utilizadas no reforço de taludes, muros ou outras estruturas geotécnicas.

6.4.1. MUROS DE GRAVIDADE

Os muros de gravidade utilizam o seu peso próprio como elemento estabilizador não estando preparados para trabalhar à tracção. A sua utilização torna-se interessante para conter desníveis pequenos ou médios com alturas inferiores a cerca de 5m.

Os muros de gravidade considerados são:

- Muros em enrocamento ou alvenaria de pedra;
- Muros em betão ciclópico;
- Muros de Gabiões;
- Muros do tipo “Crib Wall”.

Os **muros de alvenaria de pedra** (figura 29) são os mais antigos e numerosos. Actualmente, devido ao custo elevado é menos frequente o emprego da alvenaria, principalmente em muros com maior altura.

No caso dos **muros em enrocamento** a resistência do muro resulta unicamente do imbricamento dos blocos de pedras. Este muro é bastante vantajoso devido à sua simplicidade de construção e pelo facto de dispensar dispositivos de drenagem, pois o material do muro é drenante. Por outro lado o seu custo é reduzido, especialmente quando os blocos de pedras são disponíveis no local. No entanto, a estabilidade interna do muro requer que os blocos tenham dimensões aproximadamente regulares, o que causa um valor menor do atrito entre as pedras.

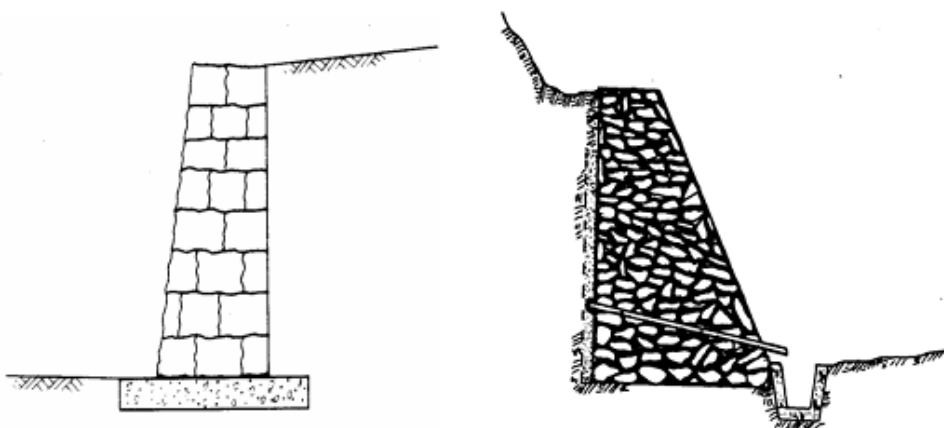


Fig.29 – Muros em Alvenaria de Pedra ou Enrocamento [58]

Os **muros em betão ciclópico** (figura 30) são estruturas construídas mediante preenchimento de uma determinada forma com betão e blocos de rocha de dimensões variadas. Devido à impermeabilidade

deste muro é necessário que se execute um sistema adequado de drenagem. A secção transversal é usualmente trapezoidal, com largura da base da ordem de 50% da altura do muro. A especificação do muro com faces inclinadas ou em degraus pode causar uma redução significativa de material. Os furos de drenagem devem ser posicionados de modo a minimizar o impacto visual devido às manchas que o fluxo de água causa na face frontal do muro. Alternativamente pode-se realizar a drenagem na face posterior (tardoz) do muro através de uma manta de material geossintético (tipo geotêxtil). Neste caso a água é recolhida através de tubos de drenagem adequadamente posicionados.

Estes muros são em geral economicamente viáveis apenas quando a altura é inferior a cerca de 4 metros.

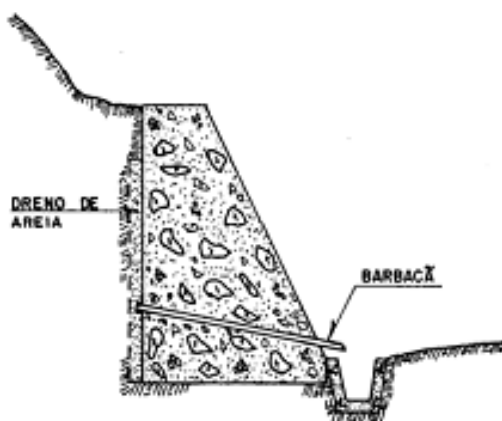


Fig.30 – Muro de Betão Ciclópico [58]

Os **muros de gabiões** são constituídos por caixas de forma prismática rectangular, feitas com rede de malha hexagonal e preenchidas com qualquer tipo de pedras ou outro material adequado que esteja disponível. Na figura 31 pode ser observado este tipo de muro em execução e na figura 32 é possível ver o seu aspecto exterior depois de terminado. A principal vantagem destes muros é a flexibilidade, que permite que a estrutura se adapte ao terreno.



Fig.31 – Muro de Gabiões em execução [58]



Fig.32 - Muro de Gabiões acabado [58]

Os **muros do tipo Crib Wall** são constituídos por estrutura montada a partir de módulos articuláveis de betão armado, madeira ou aço, que são arrumados na forma de uma gaiola ou fogueira e preenchidos por blocos de rochas, seixos ou mesmo entulho, originando uma estrutura bem pesada, que funciona como muro de gravidade. Podem ser usados tanto em taludes como em aterros, sendo uma solução comum em obras rodoviárias. Esta estrutura é barata pois pode ser construída com materiais locais. Para além disso entre os módulos e os blocos que enchem o Crib Wall, pode-se plantar vegetações ornamentais, permitindo que a estrutura se integre ao meio ambiente e deixe de ser visualmente agressiva. Esta poderá ser uma boa solução para estruturas que não ultrapassem os 5m.

6.4.2. MUROS DE BETÃO ARMADO

Os muros armados são similares aos de gravidade mas são armados interiormente de modo a que possam suportar esforços de tracção. Geralmente apresentam uma estrutura em L ou T invertido. São estruturas mais esbeltas que resistem por flexão, utilizando parte do peso próprio do maciço, que se apoia sobre a base para manter-se em equilíbrio. Estes muros são em geral anti-económicos para alturas superiores a 5 a 7 m.

6.4.3. MUROS DE TERRA ARMADA E SOLOS REFORÇADOS

Os muros de terra armada são estruturas de contenção flexíveis, do tipo gravidade, que associam aterro seleccionado e compactado e elementos modulares pré-fabricados de revestimento. Apenas foram classificados de modo isolado por terem uma tecnologia construtiva particular.



Fig.33 - Muro do tipo "Terra Armada" [59]



Fig.34 - Espalhamento das camadas de aterro seleccionado sobre as armaduras [59]

Estes muros são muito utilizados em obras rodoviárias. Devido à sua alta capacidade de suportar carregamentos são ideais para muros de grande altura, ou que estejam sujeitos a sobrecargas excepcionais. O princípio da tecnologia da Terra Armada é a interacção entre o aterro seleccionado e armaduras de alta aderência que constituem reforços. Quando correctamente dimensionados estes reforços produzem um maciço integrado e coesivo, no qual as armaduras resistem aos esforços internos de tracção desenvolvidos no seu interior.

Existe uma grande variedade de possibilidades para o paramento externo que podem ser escolhidas de acordo com as exigências arquitectónicas do local. Na figura 33 podemos observar o aspecto deste muro após a sua conclusão.

Esta tecnologia tem uma grande simplicidade e rapidez de execução. A montagem consiste basicamente numa operação de terraplenagem. Na figura 34 podemos observar o processo de espalhamento das camadas de aterro seleccionado sobre as armaduras.

Os muros de solos reforçados são muros semelhantes aos de terra armada com a diferença que as armaduras metálicas são substituídas por geotêxteis. Esta é uma solução mais barata mas menos resistente.

6.4.4. PAREDES PREGADAS OU ANCORADAS

As paredes de ancoragens e as pregagens são utilizadas no reforço de taludes, muros ou outras estruturas geotécnicas. Para a constituição das paredes as ancoragens e pregagens são combinadas com malha electrossoldada, betão projectado e revestimento em betão.

As pregagens são incorporadas no maciço por cravação ou então num furo previamente aberto. São constituídas por um sistema formado por uma armadura metálica solidarizada com o maciço ao longo de todo o seu comprimento.

No Caderno de Encargos são consideradas as pregagens metálicas e as pregagens tipo Swellex.

As **pregagens metálicas** serão constituídas por varões de aço nervurado. Serão instaladas em furos realizados previamente no maciço e posteriormente envolvidas por caldas de cimento, resinas ou simplesmente cravadas no maciço. As pregagens passivas **tipo Swellex** são realizadas em tubo de aço. A sua instalação é feita no interior de furos previamente executados. A expansão dos tubos, de modo a permitir o seu contacto com a superfície do furo e a sua adaptação às irregularidades, é conseguida por introdução de água a alta pressão no interior do tubo, obrigando à sua dilatação.

A ancoragem é essencialmente um elemento estrutural que transmite uma força de compressão sobre o terreno. Através deste processo gera-se no interior do maciço uma alteração do estado de tensão que contribui para o aumento da resistência ao corte nessas zonas. É feita a inclusão num furo previamente aberto no maciço, de um sistema constituído por uma armadura metálica solidária num dos seus extremos a uma zona interior do maciço (bolbo), e em que no outro extremo (cabeça), é absorvida a força de tracção exercida na zona livre da armadura.

6.4.5. REVESTIMENTO DE TALUDES E CANAIS

Estas intervenções têm a finalidade de proteger da erosão superficial, taludes e encostas geotecnicamente estáveis. Também minimizam o desprendimento de pequenos blocos de pedra em encostas rochosas.

São consideradas neste Caderno de Encargos para revestimento de taludes e canais:

- Rede de Protecção Contra a Queda de Pedras;
- Revestimento de taludes e canais em colchões de rede metálica preenchidos com material rochoso;

Na figura 35 podemos observar uma rede de protecção contra a queda de pedras num talude de escavação.



Fig.35 – Rede de protecção contra a queda de pedras [60]

6.4.6. ADAPTAÇÕES RELATIVAS ÀS ESTRADAS MUNICIPAIS EM ESTUDO

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE, relativamente às estruturas de suporte e reforço, apenas não foram considerados os muros de Terra Armada e os do tipo Crib Wall. Nas estradas em estudo são utilizados muros mais vulgares sobre os quais existe maior experiência construtiva. Apesar do processo de execução destes muros não ser complexo existe sempre uma hesitação inerente à aplicação de técnicas recentes especialmente quando se tratam de obras em estradas de menor importância.

Em relação às restantes estruturas de suporte é totalmente possível a sua utilização nas estradas em estudo que podem estar inseridas em terrenos bastante acidentados que impliquem a realização de grandes escavações com grande taludes que necessitem de reforço ou estabilização.

6.5. INSTALAÇÃO DE SERVIÇOS DE INTERESSE PÚBLICO E REPOSIÇÃO DOS AFECTADOS PELA EXECUÇÃO DA OBRA

Estes trabalhos referem-se à instalação de serviços de interesse público ou à reposição dos serviços afectados pela execução da obra que deverão ser realizados de acordo com o projecto e cumprindo os regulamentos específicos em vigor.

Estes serviços são:

- Redes de distribuição de água e de águas residuais pluviais e domésticas;
- Redes de telecomunicações e televisão;
- Redes de Transporte e/ou Distribuição de Energia e de Iluminação Pública;
- Rede de gás.

Estas redes apesar de não estarem directamente relacionados com a engenharia rodoviária acompanham normalmente os traçados das vias de comunicação. Quando a execução da obra afecta esta rede é necessário que estas sejam repostas. Quando ainda não se encontram instaladas é muitas vezes aproveitada a execução da nova estrada para a sua implantação pois são serviços dos quais a população não pode prescindir.

A rede geral de distribuição de água é o sistema de condutas, acessórios e equipamentos destinado à captação, tratamento, armazenamento, transporte e distribuição da água para consumo humano aos consumidores. Associado a estes trabalhos rodoviários apenas estão as funções de transporte e distribuição da água. As tubagens utilizadas nestas redes são habitualmente em tubos de PVC ou

fibrocimento. Os sistemas de águas residuais domésticas colectam águas residuais de instalações residenciais e serviços, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de actividades domésticas. As tubagens utilizadas nestas redes são habitualmente manilhas de grés cerâmico.

Os sistemas de águas residuais pluviais colectam águas que resultam da precipitação atmosférica caída directamente no local ou em bacias limítrofes contribuintes, apresentando geralmente menores quantidades de matéria poluente particularmente de origem orgânica. As tubagens utilizadas nestas redes são habitualmente manilhas de betão.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos da ex-JAE não foi efectuada nenhuma alteração referente à execução destes trabalhos que fosse relacionada directamente com as Estradas Municipais em estudo. Apenas foram realizadas alterações em algumas normas que não se encontravam em vigor e substituídas pelas actuais normas Europeias.

Os tubos de betão, os tubos de fibrocimento, as manilhas de betão e as caixas de visita são produtos enquadrados na Directiva dos produtos de construção (DPC) 89/106/CE que prevê que estes tenham aposta a marcação CE cumprindo as normas homologadas em vigor. No quadro 20 estão referidas as normas Europeias aplicáveis a cada um destes produtos.

Quadro 20 – Normas Europeias aplicáveis aos produtos utilizados nas redes de distribuição de água, águas residuais e águas pluviais domésticas

Produto	Norma Europeia aplicável
Tubos e manilhas de betão	EN 1916 – <i>Tubos e acessórios de betão não armado, de betão com fibras de aço e de betão armado.</i>
Tubos de fibrocimento	EN 588-2 – <i>Tubos de fibrocimento para sistemas de drenagem de águas residuais – Parte 2: Câmaras de visita e câmaras de ramal.</i>
Caixas de visita	EN 1917 – <i>Câmaras de visita e câmaras de ramal de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado</i>
Tubos em grés cerâmico	EN 295-10 – <i>Tubos e acessórios de grés cerâmico e respectivas juntas, para sistemas de drenagem de águas residuais – Requisitos, ensaios, controlo da qualidade.</i>

Á semelhança do que foi feito no capítulo referente à drenagem, nos quadros relativos às forças mínimas de ruptura por compressão diametral que os tubos de betão deverão obedecer, foram colocadas as novas classes relativas à EN 1916, mantendo-se também a antiga classificação ASTM. Para além disso foram acrescentados os tubos da classe V para diâmetros de 300 mm a 2500 mm e outras classes de I a V, que já são produzidos actualmente para uma maior gama de diâmetros.

Em relação às redes de transporte e/ou distribuição de energia e as redes de telecomunicações não foram efectuadas alterações significativas pois nas estradas em estudo estas terão de ser instaladas. Apenas foram retiradas as indicações relativas aos postos SOS cuja implantação apenas está associada a auto-estradas ou eventualmente vias rápidas.

7

SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA

7.1. PREÂMBULO

A condução implica uma percepção global do local onde se circula e das condições de interacção com os restantes utilizadores da estrada.

A legibilidade é uma propriedade que permite ao condutor compreender de forma clara e espontânea, a natureza de uma via, o seu tipo de utilização, os movimentos prováveis ou possíveis dos outros utentes, o comportamento que deve adoptar quando nela circula e a velocidade apropriada de circulação. Esta propriedade influencia o comportamento do condutor.

Uma correcta sinalização contribui de forma eficaz para a legibilidade da via. Para que a sinalização possa auxiliar o condutor e para que seja respeitada deve ser, compreensível, credível, apropriada à situação na qual está inserida e coerente com o ambiente em que se encontra integrada. Além disso deve transmitir a informação atempadamente e no seu campo de visão.

Para que estes objectivos sejam cumpridos podemos enunciar um conjunto de princípios básicos aos quais a sinalização deve obedecer e que são:

- Uniformidade;
- Homogeneidade;
- Simplicidade;
- Continuidade;
- Coerência.

A **uniformidade** é uma propriedade que permite a compreensão da sinalização por parte de todos. Devem ser usados exclusivamente sinais regulamentares que tenham dimensões e grafismo normalizados. No ensino da condução é transmitido ao condutor um código único que ele associa à sinalização. Para que haja coerência na interpretação da mensagem que a sinalização lhe transmite esta deve estar perfeitamente normalizada. O estudo da sinalização é feito de acordo com vários factores relacionados com a sua visibilidade, a sua legibilidade, a sua percepção e compreensão por parte dos utilizadores da via e a qualidade dos seus grafismos.

A **homogeneidade** da sinalização possibilita que o condutor capture imediatamente o contexto e a situação no qual se encontra inserido e adopte as melhores condições de segurança possíveis. É fundamental que perante situações e locais semelhantes o condutor encontre sinais com a mesma valência e dimensão, colocados de acordo com as mesmas regras. A falta de homogeneidade implica vários impactos ao nível da segurança pois é muito frequente uma confusão entre mensagens levar a uma manobra perigosa. Por outro lado pode contribuir para que ocorra uma perda de confiança por

parte do utente e um consequente desrespeito futuro pela sinalização. Existem vários exemplos de defeitos de homogeneidade claramente presentes a nível da sinalização nacional:

- Curvas horizontais com características geométricas muito distintas sinalizadas do mesmo modo;
- Definição de zonas com possibilidade de ultrapassagem utilizando critérios distintos;
- Intersecções de nível e nós desnivelados sinalizados de modo semelhante;
- Sinalização de perigo instalada a distâncias não regulamentares e inadequadas à velocidade de circulação;
- Sinalização de regulamentação inapropriada ou inexistente.

Para que estas situações deixem de ocorrer é necessário intervir na normalização, nomeadamente na uniformidade de critérios de utilização e colocação dos sinais verticais e na sua relação com as marcas rodoviárias. Por outro lado deve haver coerência na definição das zonas com possibilidade de ultrapassagem, na sinalização de intersecções e nós, entre outras situações.

A **simplicidade** da sinalização facilita imenso o trabalho do condutor. Esta propriedade obtém-se evitando um uso excessivo de sinais, que aumentam o tempo de percepção e compreensão das mensagens, levando o condutor a negligenciar as indicações dadas. Por vezes este até acaba por não ter possibilidade de as ler, compreender e memorizar. A simplicidade das mensagens na sinalização de orientação é muito importante para que seja facilitada a leitura dos painéis. Devem evitar-se designações muito longas, optando-se pelo uso de uma abreviatura que deve ser sempre a mesma para a mesma palavra. Ao ser seguido o critério de homogeneidade no estabelecimento de esquemas de sinalização para situações típicas (intersecção, curvas) assegura-se também a simplicidade da sinalização.

Na sinalização de orientação a **continuidade** da informação deve ser sempre mantida ao longo da rede. Caso contrário podem existir dúvidas e hesitações por parte do condutor que possam originar manobras perigosas. Um destino indicado numa intersecção não pode aparecer ou desaparecer consoante o espaço disponível. Deve existir um princípio de continuidade bem definido que garanta que um destino que aparece numa intersecção, aparece em todas as seguintes, até que este seja atingido. As intervenções nesta área são também fundamentais a nível nacional pois não existe um critério único de actuação.

O último dos princípios básicos da sinalização é a sua **coerência** com as práticas comuns às quais os condutores estão habituados e com as regras de circulação. Estes factores são determinantes na credibilidade da sinalização por parte do condutor.

A sinalização de trânsito engloba, de acordo com o Regulamento de Sinalização de Trânsito aprovado pelo Decreto-Lei n.º 22 – A/98:

- Sinais verticais;
- Marcas rodoviárias;
- Sinais luminosos;
- Sinalização temporária
- Sinais dos agentes reguladores de trânsito
- Sinais dos condutores.

No contexto do Caderno de Encargos para execução das obras é considerada a sinalização vertical, o equipamento de balizagem e guiamento e as marcas rodoviárias.

Associada à sinalização das estradas encontra-se a segurança. Ambas pretendem garantir condições adequadas de circulação. As barreiras de segurança e os dispositivos anti-encadeamento serão os dispositivos de segurança que serão abordados neste capítulo.

Nas Estradas Municipais em estudo a sinalização utilizada é bastante mais limitada do que nos restantes tipos de vias da Rede Rodoviária Nacional. Esta limitação deve-se ao regime de circulação existente no qual a velocidade é reduzida e ao tipo de via que pretende assegurar as acessibilidades a nível local. Estas vias não têm a função primordial de circulação que prevalece nas auto-estradas, IP's e IC's, nas quais é importante que se transmitam outro tipo de informações, nomeadamente de orientação.

As dimensões dos sinais denominados como sinais de "código" são mais reduzidas para este tipo de vias e não são usados painéis de grandes dimensões.

Por outro lado nas vias onde se pratiquem velocidades elevadas é necessário que se coloquem outros tipos de sinais, equipamentos e dispositivos que favoreçam de um modo mais rigoroso as condições de segurança.

7.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL E EQUIPAMENTOS DE BALIZAGEM E GUIAMENTO

A sinalização vertical é composta por um conjunto de sinais e painéis de sinalização que comunicam uma mensagem visual pela sua localização, cor e tipo e ainda pelos símbolos e caracteres alfanuméricos que o constituem. O sistema de sinalização vertical engloba, segundo o Regulamento da Sinalização de Trânsito, os seguintes sinais:

- Perigo;
- Regulamentação;
- Indicação;
- Mensagem variável;
- Turístico-cultural.

Os sinais de perigo indicam a existência ou a eventualidade de ocorrência de situações perigosas para o trânsito. A colocação destes sinais pretende despertar no condutor uma atenção e uma prudência especial.

Os sinais de regulamentação transmitem ao condutor obrigações, restrições ou proibições especiais. Estes sinais subdividem-se em:

- Cedência de passagem;
- Proibição;
- Obrigação;
- Prescrição específica: sinais de selecção de vias, sinais de afectação de vias e sinais de zona.

Os sinais de indicação são utilizados para fornecer indicações úteis aos utentes. Este tipo de sinalização abrange:

- Informação;
- Pré-sinalização;
- Direcção;
- Confirmação;
- Identificação das localidades;

- Sinais complementares;
- Painéis adicionais.

A **sinalização de mensagem variável** é transmitida através de equipamentos nos quais a mensagem se altera mediante as necessidades associadas às condições existentes num determinado momento. Este tipo de sinalização pode transmitir informação de condições perigosas para o trânsito, obrigações, proibições ou apenas indicações úteis.

A sinalização **turístico-cultural** transmite aos utentes indicações importantes no contexto cultural, histórico, patrimonial e paisagístico da zona.

A norma de sinalização vertical da JAE, disponível para consulta no site das Estradas de Portugal, foi editada em suporte informático em 1999, possibilitando a sua utilização directa por parte de projectistas e fabricantes de sinais. O Regulamento da Sinalização de Trânsito transferiu esta norma para a legislação portuguesa, ao definir nos números 2 e 3 do artigo 3º, a obrigação do seu cumprimento no fabrico de sinais de trânsito. Os ficheiros de sinais e símbolos estão hierarquizados em sub-directorias da directoria principal de acordo com a classificação da sinalização definida no referido regulamento. Com esta edição de desenhos coerentes entre si pretende-se garantir do ponto de vista técnico um grafismo (caracteres e simbologia) uniforme em todo o país.

No dimensionamento da sinalização devem também ser consideradas as disposições do instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias que no âmbito das suas actividades esta a elaborar um conjunto de documentos normativos que orientem tecnicamente o sector rodoviário.

No projecto de sinalização é necessário que se analisem vários critérios:

- Critérios de escolha das características dimensionais;
- Critérios cromáticos;
- Critérios de colocação;
- Critérios de utilização.

O Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE engloba, no referente à sinalização, as características dos materiais e os processos construtivo das marcas rodoviárias e da sinalização vertical e equipamento de balizagem e guiamento.

No referente à sinalização vertical os sinais são distinguidos em:

- Sinais de pequena dimensão;
- Sinais de média dimensão;
- Sinais de grande dimensão;
- Sinais complementares.

Os sinais considerados como **sinais de pequena dimensão** (figura 36) são:

- Sinais de perigo;
- Sinais regulamentando a prioridade em intersecções;
- Sinais de regulamentação;
- Sinais de informação;
- Baias direccionais.

Estes sinais podem ter várias dimensões que variam de acordo com o tipo de estrada que também é função da velocidade. Nas Estradas Municipais em estudo, estes sinais, denominados como “de código”, têm normalmente largura (aresta, diâmetro, diâmetro da circunferência circunscrita) de 0,7m.



Fig.36 – Exemplos dos sinais considerados como sinais de pequenas dimensões [63]

Os sinais considerados como **sinais de média dimensão** são: Setas de informação (S) do sistema informativo e os sinais de aproximação de saída (figura 37).



Fig.37 – Sinal de aproximação de saída [63]

Os sinais considerados como sinais de grande dimensão são os painéis (figuras 38, 39, 40):

- Pré-avisos simplificados;
- Pré-avisos gráficos;
- Painéis em pórtico;
- Painéis de vias de lentos;
- Setas direccionais;
- Sinais de confirmação.

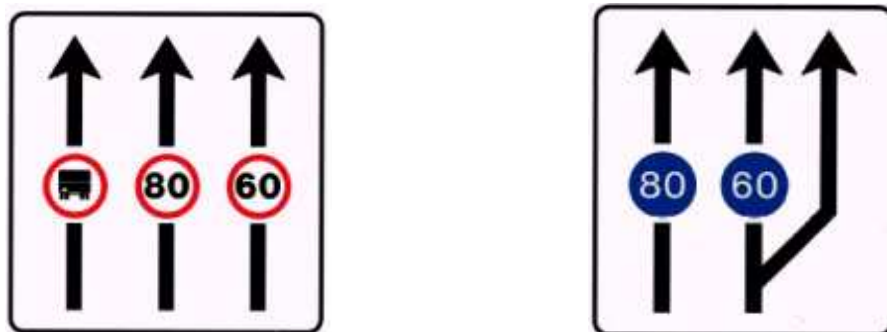


Fig.38 – Sinais de afectação de vias [63]



Fig. 39. - Sinais de pré-sinalização: Pré-aviso gráfico e pré-aviso simplificado [63]



Figura 40 – Sinal de confirmação [63]

Os sinais considerados como **complementares** são as baias para balizamento dos pontos de divergência (figura 41).



Fig.41 - Baia direccional para balizamento de pontos de divergência [63]

Nos equipamentos de balizagem e guiamento estão incluídos os elementos de demarcação, cujos vários tipos podemos observar na figura 42, e os delineadores cuja imagem pode ser observada na figura 43.

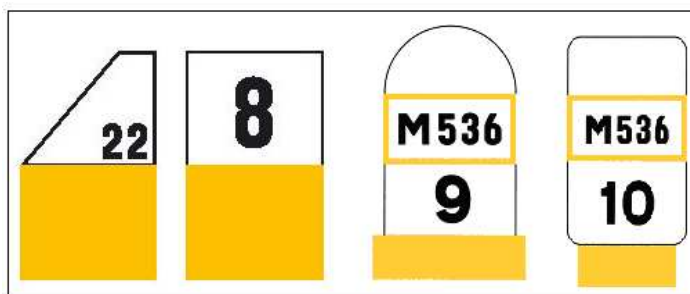


Fig. 42 – Elementos de demarcação – Marcos hectométricos, quilométricos e miriamétricos [60]

O Regulamento da Sinalização de Trânsito determina que as marcas rodoviárias possam ser complementadas por esses delineadores que são dispositivos retrorreflectores.



Fig.43 – Delineadores [63]

Estes equipamentos são utilizados com o objectivo de definir a geometria do traçado e delimitar a plataforma à custa da utilização da capacidade reflectora de elementos que o constituem. Permitem assim identificar mais facilmente os limites da faixa de noite ou em condições de má visibilidade. São colocados na berma e no lado esquerdo da faixa de rodagem quando apenas existe um único sentido de trânsito. As regras de colocação recomendadas têm como finalidade conseguir que o condutor veja sempre pelo menos 5 delineadores do mesmo lado da estrada para que tenha uma percepção objectiva

do seu traçado. O espaçamento dos delineadores é determinado em função da visibilidade mínima conforme especificado nas Disposições Técnicas Normativas do *Instituto Nacional de Infra-estruturas Rodoviárias* relativas às marcas rodoviárias.

No caderno de Encargos que foi objecto principal deste estudo não foram considerados os sinais de média e grande dimensão e as baias para balizamento dos pontos de divergência.

Os sinais de média e grande dimensão não se aplicam às estradas em estudo. As setas de informação do tipo S coloca-se apenas nos acessos ou ramos de nós de entrada dos itinerários principais ou complementares e os sinais de aproximação de saída são utilizados em auto-estradas. Os sinais de grandes dimensões são compostos por painéis em pórtico que se destinam à sinalização de orientação, selecção de vias, pré-sinalização, entre outros. Esta sinalização não é colocada no tipo de estradas pois não se adequa à tipologia da via.

As baias para balizamento dos pontos de divergência também não são usadas. Em relação aos delineadores, apesar de a sua aplicação não ser generalizada, considerou-se que poderiam ser usados em zonas cuja perigosidade o justifique. São exemplos dessas situações as estradas montanhosas e muito sinuosas ou zonas de má visibilidade nas quais o traçado deve ser bem evidenciado de modo a evitar acidentes. Neste tipo de condições não podem ser desprezadas as precauções de segurança.

7.3. MARCAS RODOVIÁRIAS

A marcação rodoviária (figura 44) proporciona um guiamento auxiliar aos condutores definindo inequivocamente as zonas do pavimento destinadas aos diferentes sentidos e nas quais a circulação dos diferentes tipos de veículos é segregada. Para além disso alerta os condutores das zonas em que podem parar ou estacionar, para as regras de cedência de passagem e para os limites de velocidade a respeitar.

As indicações transmitidas pelas marcas rodoviárias ajudam ainda os condutores em certas manobras particulares e melhoram a identificação dos pontos de tomada de decisão.

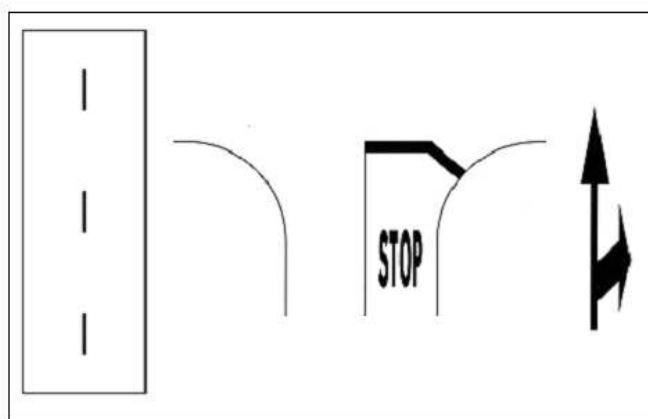


Fig.44 – Exemplos de Marcação Rodoviária – Linha descontinua, linha de paragem com símbolo STOP e seta de selecção [63]

As marcas rodoviárias englobam de acordo com o Regulamento de sinalização de trânsito:

- Marcas longitudinais constituídas por linhas apostas na faixa de rodagem separando sentidos ou vias de trânsito;
- Marcas transversais constituídas por linhas apostas no sentido da largura da faixa de rodagem que podem ser completadas por símbolos ou inscrições;
- Marcas reguladoras do estacionamento e paragem;
- Marcas orientadoras de sentidos de trânsito constituídas por setas de selecção e setas de desvio;
- Marcas diversas e guias;
- Dispositivos retrorreflectores complementares como marcadores e delineadores.

No Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE os delineadores são considerados como equipamentos de balizagem e guiamento não estando portanto englobados na marcação rodoviária. Por este motivo a referencia a estes dispositivos já foi efectuada anteriormente.

Em sinalização as marcas rodoviárias têm sempre cor branca com excepção das marcas reguladoras do estacionamento e paragem que são amarelas. Na sinalização temporária as marcas rodoviárias têm o mesmo significado das utilizadas na sinalização definitiva apenas se diferenciando destas na cor utilizada que é amarela. Devem ser efectuadas com materiais anti-derrapantes. A sua altura não deverá ser inferior a 6mm em relação ao nível do pavimento. Quando são utilizados marcadores ou dispositivos semelhantes, estes não devem ter uma altura superior a 1,5 cm acima do nível do pavimento ou excepcionalmente 2,5 cm no caso de marcadores retrorreflectores.

Na hierarquia entre as prescrições resultantes das sinalizações, as marcas rodoviárias são as últimas a serem respeitadas prevalecendo sempre outro tipo de sinalização em relação a estas.

As marcas rodoviárias são normalmente complementadas por outros meios de sinalização que reforcem ou clarifiquem o seu significado. Porém, existem algumas situações em que as disposições resultantes destas marcas são exclusivas, como é o caso das passagens para peões em zebra, das passagens para ciclistas, e geralmente das marcas longitudinais e das setas de selecção. Existem ainda certas situações, como é o caso das linhas contínuas ou descontinuas que delimitam uma via de trânsito, em que as prescrições das marcas rodoviárias prevalecem. Nas vias reservadas a transportes públicos o sinal vertical existente também se limita a confirmar a regulamentação prescrita pelas marcas rodoviárias.

As características dimensionais, os critérios de utilização e os critérios de colocação das diversas marcas rodoviárias estão definidos nas disposições normativas do *Instituto Nacional de Infra-estruturas Rodoviárias* relativas às marcas rodoviárias.

Existe um conjunto de novas normas europeias no âmbito dos materiais utilizados na marcação rodoviária:

- NP EN 1423 – *Materiais para marcação rodoviária. Materiais de projecção. Microesferas de vidro, agregados antiderrapantes e mistura destes dois componente;*
- NP EN 1824 – *Materiais para marcação rodoviária. Ensaio de campo;*
- NP EN 12802 – *Materiais para marcação rodoviária. Métodos laboratoriais para identificação;*
- NP EN 1871 – *Materiais para marcação rodoviária. Propriedade físicas;*
- NP EN 13212 – *Materiais para marcação rodoviária. Requisitos para o controlo da produção em fábrica.*

A Norma NP EN 13212 especifica os requisitos para o controlo da produção em fábrica que permitem aos materiais para a marcação rodoviária terem aposta a marca de conformidade "CE". Esta Norma constitui um guia para o produtor e para os organismos de certificação.

No Caderno de Encargos que é objecto deste estudo, foi efectuada a referência a estas novas disposições normativas.

7.4. BARREIRAS E OUTROS DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

As barreiras de segurança desenvolvem um papel primordial na segurança rodoviária. O seu principal objectivo é receber o impacto dos veículos descontrolados, redireccionando-os para a faixa de rodagem e evitando a sua colisão com obstáculos rígidos existentes fora da faixa. Deste modo pretende-se provocar o menor dano possível nos ocupantes dos veículos e em terceiros que possam circular na estrada ou nas suas proximidades. As barreiras de segurança constituem ainda um bom elemento de sinalização delimitando claramente o traçado da via.

As guardas metálicas, face ao seu comportamento estrutural, podem ser:

- Flexíveis;
- Semi – flexíveis;
- Rígidas.

As barreiras semi-flexíveis são o sistema mais utilizado na actualidade, particularmente em Portugal.

As guardas de segurança semi-flexíveis simples (figura 45) são compostas por uma viga metálica horizontal e uma série de suportes constituídos por postes metálicos (prumos) e amortecedores. As guardas de segurança duplas, que são aplicadas em situações de risco acrescido, também foram consideradas, pois a sua utilização poderá ser necessária em traçados sinuosos com taludes elevados ou precipícios. Estas guardas são muito visíveis em estradas de montanha. O reforço destas guardas é garantido pela existência de uma segunda viga (perfil W) de forma a poder oferecer uma capacidade bastante superior de retenção do veículo na faixa. As guardas de segurança BHO duplas têm uma estrutura ainda mais reforçada. A sua constituição é semelhante à das guardas duplas diferenciando-se apenas na forma do perfil da viga e no espaçamento entre prumos. Estas guardas foram concebidas para serem utilizadas em ponte e viadutos.



Fig.45 – Barreira de segurança semi-flexível simples [66]

As guardas de segurança rígidas em betão de cimento rígidas são normalmente designadas por New Jersey. O seu perfil particular induz um redireccionamento do veículo, logo que no momento de colisão, as suas rodas provocam a subida do terço inferior da barreira. Os separadores com perfil do tipo DBA (figura 46) são constituídos por um murete contínuo de betão hidráulico simétrico normalmente com uma altura nominal de 0,8 m e uma largura de 0,6m. Os separadores com perfil do tipo GBA (figura 46) são constituídos por um maciço de betão hidráulico assimétrico.

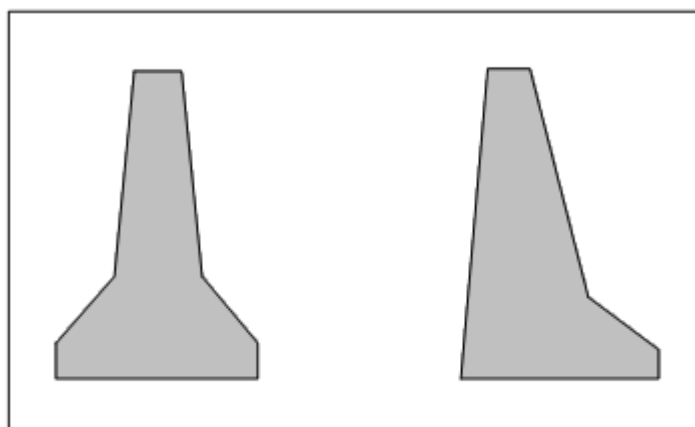


Fig. 46 - Perfil transversal simétrico (tipo DBA) e assimétrico (Tipo GBA) dos New Jersey

As guardas de segurança flexíveis têm um custo de instalação mais económico. Porém a sua manutenção tem custos mais elevados pois as colisões causam-lhes deformações permanentes que não permitem a sua reutilização. Estas guardas impõem danos menos severos aos veículos mas necessitam de tratamentos especiais, quando inseridas em zonas potencialmente perigosas para motociclistas. Quando instaladas no separador central permitem uma maior visão para a faixa contrária. Os separadores rígidos têm uma grande capacidade de contenção face à acção dos veículos pesados. Os custos de manutenção são muito mais reduzidos mas obrigam a utilização de sistemas de drenagem mais dispendiosos junto às barreiras colocadas no separador central. Estas guardas impõem danos mais severos aos veículos ligeiros.

Nesta adaptação ao Caderno de Encargos Tipo da ex-JAE foi considerada a utilização de ambos os tipos de guardas de segurança pois considera-se que nas estradas municipais em estudo se poderá optar pela colocação destes dois tipos de barreiras. No entanto a sua aplicação ocorre apenas nas bermas exteriores da faixa de rodagem pois a separação de faixas quando existente é feita apenas por marcação longitudinal.

A crescente preocupação com as questões relacionadas com a segurança levou a que fossem criados documentos normativos a nível europeu que regulamentem a utilização dos sistemas de segurança. Com estas publicações supriu-se uma lacuna em termos normativos e uniformizou-se os critérios de avaliação dos Sistemas de Segurança Rodoviária.

As barreiras de segurança no contexto da normalização Europeia estão abrangidas pela serie NP EN 1317 – *Sistemas de segurança rodoviária*. Estas normas visam sobretudo aumentar segurança de circulação ao nível dos utentes das vias, reduzindo a sinistralidade rodoviária.

A publicação da NP EN 1317-5 – *Sistemas de segurança rodoviária. Parte 5: Critérios de durabilidade e avaliação da conformidade*, permitiu a verificação da conformidade para obtenção da marcação CE. A avaliação de conformidade é feita pelo sistema 1 cujas características podemos observar no quadro 7 do capítulo 4 – Drenagem. Deste modo as guardas de segurança a empregar, rígidas ou flexíveis, deverão respeitar estas normas no que diz respeito aos seus níveis de desempenho:

- Nível de contenção;
- Nível de gravidade;
- Deformação expressa pela largura útil.

É importante que se definam, a partir destes níveis de desempenho, os dispositivos mais adequados a cada situação específica.

As barreiras anti-encadeamento (figuras 47 e 48) constituem mais um dispositivo que pretende aumentar a segurança. São normalmente aplicadas sobre as guardas de segurança nos separadores centrais. Podem ainda ser colocadas em locais do traçado em que se mostre, pelas mesmas razões, conveniente a sua colocação com o objectivo de evitar o encadeamento devido ao tráfego que circula em sentido contrário.

Estes dispositivos não foram considerados neste estudo pois apenas são utilizados em estradas de velocidades elevadas.



Fig.47 – Barreiras anti-encadeamento colocadas em separador central semi – flexível [65]



Fig.48 – Barreiras anti-encadeamento colocadas em separador central rígido [66]

8

CONCLUSÕES

Este trabalho pretendeu dar o seu contributo para uma execução das Estradas Municipais mais cuidada e adaptada às suas características. É fundamental que se evitem situações, observadas na realidade nacional, nas quais são adoptados procedimentos completamente desajustados a este tipo de vias.

Até à actualidade não tinha sido dedicada a merecida relevância a este assunto. Apenas no Plano Rodoviário Nacional de 1945 se apresentaram algumas especificações exclusivas a este tipo de estradas. Nos Planos Rodoviários que se seguiram nada mais foi apresentado. As vias nacionais foram sempre consideradas mais importantes para o desenvolvimento do país. Porém, esta análise é errada. Todo o tipo de vias tem a sua função e a sua importância. Todas se deveriam complementar de modo a formar uma rede de estradas que permita a acessibilidade à totalidade do território.

As adaptações mais relevantes para as Estradas Municipais em estudo eram esperadas no âmbito da drenagem e da pavimentação. As terraplenagens não estão relacionadas com o tipo de velocidade e com o tráfego que solicita a estrada. Porém foram encontradas outras modificações nos restantes grupos, sobretudo ao nível da sinalização e obras acessórias, que englobam alguns trabalhos que não se utilizam nestas estradas. As maiores alterações ocorreram na pavimentação especialmente ao nível do tipo de pavimento e das misturas betuminosas utilizadas. Foram excluídas todas as misturas que a autora considerou que não se adaptavam ao tipo de vias em análise.

A análise do Caderno de Encargos da ex-JAE revelou a existência de muitas lacunas, ao nível das técnicas construtivas abordadas. Para além disso, pelo facto de o documento datar de 1998, o seu enquadramento legislativo estava bastante desactualizado. Deste modo, para além de se concretizarem os objectivos principais deste estudo, revelou-se pertinente a realização de melhoramentos do seu conteúdo e de uma reformulação das suas referências normativas. A ligação de Portugal à Comunidade Europeia transpôs para a legislação portuguesa um conjunto de normas que abrangem todo o sector rodoviário. A Directiva dos Produtos de Construção pretende implementar a obrigatoriedade da aposição da marcação CE a uma grande gama de materiais de modo a garantir a sua qualidade.

O sector da pavimentação é aquele no qual se estão a desenrolar maiores alterações, com uma completa mudança ao nível dos ligantes betuminosos e das misturas betuminosas, que passarão a adoptar novas designações e terão novos requisitos. No volume 2 referente ao Caderno de Encargos foi efectuada a reformulação ao nível das características dos ligantes betuminosos onde os procedimentos já se encontram mais generalizados. No âmbito das misturas betuminosas não foram efectuadas as reformulações devido ao facto de a maioria dos construtores não adoptar ainda estas novas especificações. Porém, neste volume explicativo, foi feita uma apresentação de todas as alterações nomeadamente as novas designações das misturas betuminosas, a sua correspondência com as antigas e as normas Europeias em vigor para cada uma delas, que lhes permitem a aposição da marcação CE.

Este trabalho poderá, juntamente com o Caderno de Encargos tipo da ex-JAE, potenciar um desenvolvimento futuro ao nível de outro tipo de vias que possuam características que abranjam especificações dos dois Cadernos de Encargos. Deste modo criar-se-ão documentos específicos para cada tipologia de via que conduzirão uma maior homogeneidade e coerência de procedimentos. É fundamental que se contribua para uma melhoria da qualidade das estradas portuguesas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] JAE. 2º *Plano Rodoviário Nacional*. Edição Própria, 1985
- [2] JAE. *Plano Rodoviário Nacional 2000*. Edição Própria, 1998
- [3] <http://www.jornallivre.com.br/115754/tipologias-arquitectonicas-estrada-romana.html>. 03/03/2009.
- [4] Pacheco, Elsa. *Alteração das acessibilidades e dinâmicas territoriais na Região Norte: expectativas, intervenções e resultantes*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, (2004).
- [5] <http://www.estradasdeportugal.pt>. 03/03/2009.
- [6] <http://www.inir.pt>. 03/03/2009.
- [7] <http://www.cm-braga.pt>. 05/03/2003.
- [8] <http://www.cm-vnfamalicao.pt>. 05/03/2003.
- [9] JAE. *Caderno de Encargos tipo para as Empreitadas de Construção de Estrada*. Direcção de Serviços de Apoio Técnico, Edição Própria, 2008.
- [10] Castro, A. (2008). *Elaboração da Proposta de um Caderno de Encargos referente as terraplenagens em vias de comunicação*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.
- [11] http://deca.ubi.pt/arquivo/fg_artigos/textos/Geossinteticos/2001_Seminario_UBITEX_Geotexteis.pdf. 16/03/2009.
- [12] Pretel, Gerardo; Ibañez, Enrique. *PG – 3 Pliegos de Prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes. Parte 3 – Explanaciones*. Dirección General de Carreteras, Ediciones liteam, 2004.
- [13] Seco, Álvaro. Apontamentos da disciplina de Vias de Comunicação I. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2008.
- [14] <http://www.lnec.pt>. 18/03/2009.
- [15] <http://www.drenagem.ufjf.br>. 25/03/2009
- [16] <http://www.lagossaojoao.org.br/ciclo-agua.htm>. 25/03/2009
- [17] Pretel, Gerardo; Ibañez, Enrique. *PG – 3 Pliegos de Prescripciones técnicas para obras de carreteras y puentes. Parte 4 – Drenaje*. Dirección General de Carreteras, Ediciones Liteam, 2004.
- [18] Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. (1995). *Decreto – Lei n.º 330/95 de 14 de Dezembro D.R. n.º 287, Série I-A*.
- [19] <http://www.dre.pt>. 10/04/2009
- [20] <http://www.ipq.pt>. 10/04/2009
- [21] Instituto Português da Qualidade. *EN 1916 – Tubos e acessórios de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado*. 2002.
- [22] Ministério da Indústria e Energia. *Decreto – Lei n.º 113/1993 de 10 de Abril. D.R. n.º 84, Série I-A*, 1993.

- [23] Ministério da Economia e da Inovação. *Decreto – Lei n.º 4/2007 de 8 de Janeiro D.R. n.º5, Série I*, 2007.
- [24] <http://www.betafiel.pt>. 12/04/2009
- [25] <http://www.secilprebetao.pt>. 12/04/2009
- [26] <http://www.acimenteiralouro.pt>. 12/04/2009
- [27] <http://www.ciprol.pt>. 12/04/2009
- [28] <http://www.siolis.pt>. 12/04/2009
- [29] <http://www.cavan.pt>. 12/04/2009
- [30] <http://www.jsalvador.pt>. 12/04/2009
- [31] <http://www.farcimar.pt>. 12/04/2009
- [32] <http://www.presdouro.pt>. 12/04/2009
- [33] Guerrin, André; Georges, Daniel. *Traité de Béton Armé, Volume VIII – Ouvrages enterrés*. Edição Dunod, Paris, 1969.
- [34] Zaidler, Waldemar. *Projectos estruturais de tubos enterrados*. PINI Editora, São Paulo, 1983.
- [35] França, Adalberto. *Apontamentos da disciplina de Complementos de Estradas e Aeródromos*. Faculdade Engenharia da Universidade do Porto, Não editados, Porto, 2009.
- [36] Aporbet. *Misturas betuminosas. Contribuição para a Normalização do Fabrico e da Aplicação*. Edição Própria, 1999.
- [37] <http://www2.unijui.tche.br/~specht/rodo2/aula1.pdf>. 15/05/2006
- [38] Branco, Fernando. *Jornadas de Normalização 2007. Estradas de Portugal*, 2007.
- [39] Ribeiro, Jaime Q. *Apontamentos das disciplinas de Pavimentos 1 e 2*. Faculdade Engenharia da Universidade do Porto, Não editados, Porto, 2009.
- [40] França, Adalberto. *Sebenta da disciplina de Vias de Comunicação II*. Faculdade Engenharia da Universidade do Porto, Não editadas, Porto, 2009.
- [41] Branco, F., Pereira, P; Santos, L. *Pavimentos Rodoviários*. Edições Almedina SA, Coimbra, 2005.
- [42] INIR. *Disposições Normativas: Construção e Reabilitação de Pavimentos. Ligantes Betuminosos*. 2009. <http://www.inir.pt>. 15/05/2009.
- [43] <http://www.aneop.pt/docs/LNEC-INFRAESTRUTURAS%20RODOVIARIAS.pdf>. 18/05/2009
- [44] <http://www.apambiente.pt/politicasantambiente/Residuos/fluxresiduos/RCD/Documents/RCD.pdf>. 19/05/2009.
- [45] LNEC. *E 472 – Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central*. Edição Própria, 2006.
- [46] LNEC. *E 473 – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos*. Edição Própria, 2006.
- [47] LNEC. *E 474 – Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito de infra-estruturas de transporte*. Edição Própria, 2006.

- [48] Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. *Decreto – Lei n.º 46/2008 de 12 de Março D.R. n.º 51, Série I*. Regime da gestão de resíduos de construção e demolição, 2008.
- [49] Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. *Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março D.R. n.º 53, série I B*, 2004.
- [50] Pais, Jorge; Freitas, Elisabete; Silva, Hugo; Oliveira, Joel. *A reabilitação da rede rodoviária no século XXI: A contribuição da inovação para uma visão global da reabilitação rodoviária*. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Braga, 2007.
- [51] INIR. Disposições Normativas: *Construção e Reabilitação de Pavimentos. Reciclagem de pavimentos*. 2009. <http://www.inir.pt>. 21/05/2009.
- [52] Pretel, Gerardo; Ibañez, Enrique. *PG – 4: Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para obras de conservación de carreteras*. Dirección General de Carreteras. Ediciones liteam, 2004.
- [53] Pérez, Félix Jiménez. *Reciclado in situ com emulsión. Análisis de su comportamiento. Comparación resultados de laboratorio y obra*. II jornadas técnicas de Pavimentos. FEUP, Porto, 2003.
- [54] Jofré, Carlos. *Reciclado de firmes com cimento*. II jornadas técnicas de Pavimentos. FEUP, Porto, 2003.
- [55] Pereira, P.; Santos, L. *Pavimentos Rodoviários*. Universidade do Minho, Braga, 2002.
- [56] <http://www.recipav.pt/imagens/Valnor.pdf>. 23/05/2009
- [57] <http://www.complage.com>. 29/05/2009
- [58] <http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf>. 30/05/2009
- [59] <http://www.terraarmada.com.br>. 30/05/2009
- [60] <http://www.maccaferri.pt>. 30/05/2009
- [61] INIR. *Disposições Normativas de Sinalização Vertical*. 2009. <http://www.inir.pt>. 03/06/2009.
- [62] INIR. *Disposições Normativas de Marcas Rodoviárias*. 2009. <http://www.inir.pt>. 03/06/2009.
- [63] Ministério da administração Interna. *Decreto Regulamentar n.º 22-A/98 de 1 de Outubro, D.R. n.º 227, Suplemento, Série I-B, Regulamento de sinalização de trânsito*, 1998.
- [64] Rodrigues, Carlos. *Apontamentos da disciplina de Sinalização e segurança, Mestrado em Vias de Comunicação*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.
- [65] <http://www.sinaleuropa.com/balizagem.htm>. 05/06/2009.
- [66] Silva, João P. *Apontamentos da disciplina de vias de Comunicação I*. Instituto Politécnico de Leiria. Não editados, 2008.

ADAPTAÇÃO DO CADERNO DE ENCARGOS TIPO DA EX-JAE A ESTRADAS MUNICIPAIS DE BAIXA VELOCIDADE

CARLA SOFIA DA SILVA VILAÇA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miiec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

ÍNDICE GERAL

1. TERRAPLENAGENS	1
1.1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS	1
1.1.1. LIMPEZA E DESMATAÇÃO	1
1.1.2. DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÕES	1
1.1.3. DEMOLIÇÃO DE MUROS	2
1.1.4. ENCHIMENTO DE POÇOS E MINAS	2
1.1.5. DECAPAGEM	3
1.1.6. SANEAMENTOS	3
1.1.7. PROTECÇÃO DA VEGETAÇÃO EXISTENTE	4
1.2. ESCAVAÇÕES	4
1.2.1. DISPOSIÇÕES GERAIS	4
1.2.2. ESCAVAÇÕES COM MEIOS MECÂNICOS (LÂMINA, BALDE OU RIPPER)	5
1.2.3. ESCAVAÇÕES COM RECURSO A EXPLOSIVOS	6
1.2.4. EMPRÉSTIMOS	7
1.3. ESTRUTURA DOS ATERROS	7
1.4. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS A UTILIZAR EM ATERROS	8
1.4.1. DISPOSIÇÕES GERAIS	8
1.4.2. ATERROS COM SOLOS	9
1.4.3. ATERROS COM SOLOS TRATADOS COM CAL E/ OU LIGANTES HIDRÁULICOS	11
1.4.3.1. A cal	11
1.4.3.2. O cimento	12
1.4.3.3. Características gerais dos solos a tratar e da mistura	12
1.4.4. ATERROS COM MATERIAIS ROCHOSOS	12
1.4.5. ATERROS COM MATERIAIS SOLO-ENROCAMENTO	15
1.4.6. ATERROS ZONADOS	15
1.4.7. ATERROS COM MATERIAIS EVOLUTIVOS	15
1.4.8. ATERROS TÉCNICOS	16
1.5. MELHORAMENTOS EM FUNDAÇÕES DOS ATERROS E EM TALUDES DE ESCAVAÇÃO	16
1.5.1. GEOTÊXTEIS COM FUNÇÃO DE SEPARAÇÃO E/OU FILTRO E/OU REFORÇO	16
1.5.1.1. Características dos materiais	16
1.5.1.2. Processos Construtivos	18

1.5.2 DRENOS VERTICAIS	19
1.5.2.1. Características dos materiais	19
1.5.2.2. Processos Construtivos	19
1.5.3 POÇOS/ESTACAS DE BRITA.	20
1.5.3.1. Características dos materiais	20
1.5.3.2. Processos Construtivos	20
1.5.4 VALAS/TRINCHEIRAS DRENANTES.	21
1.5.4.1. Características dos materiais	21
1.5.4.2. Processos Construtivos	21
1.5.5. MÁSCARAS E ESPORÕES DRENANTES PARA TALUDES DE ESCAVAÇÃO	22
1.5.5.1. Características dos materiais	22
1.5.5.2. Processos Construtivos	22
1.6. PROCESSOS CONSTRUTIVOS PARA A EXECUÇÃO DE ATERROS	22
1.6.1. DISPOSIÇÕES GERAIS PARA TODOS OS TIPOS DE ATERRO	22
1.6.2. ATERROS EM ENROCAMENTO OU MISTURA SOLO ENROCAMENTO	24
1.6.3. ATERROS COM MATERIAIS EVOLUTIVOS	25
1.6.4. ATERROS COM SOLOS TRATADOS	25
1.6.4.1. Estudo Laboratorial	25
1.6.4.2. Armazenamento do ligante	26
1.6.4.3. Trecho Experimental	26
1.6.4.4. Preparação da superfície	26
1.6.4.5 Humidificação	27
1.6.4.6. Espalhamento	27
1.6.4.7. Mistura e Homogeneização	27
1.6.4.8. Compactação	28
1.6.4.9. Acabamento da superfície	28
1.6.4.10. Rega de Cura	29
1.6.4.11. Execução de Camadas Sobrejacentes	29
1.6.5. ATERROS TÉCNICOS	29
1.6.6 ATERROS ZONADOS	30
1.7. LEITO DO PAVIMENTOS	31
1.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	31
1.7.1.1. Solos	31

1.7.1.2. Materiais Granulares não Britados.....	32
1.7.1.3. Materiais granulares Britados	32
1.7.1.4. Solos tratados com cal e/ ou cimento	33
1.7.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	35
1.7.2.1. Disposições Gerais	35
1.7.2.2. Disposições específicas para camadas tratadas com cal e/ou cimento.....	37
1.8. TALUDES.....	42
1.8.1. ESCAVAÇÃO E REGULARIZAÇÃO	42
1.8.2. REVESTIMENTO COM TERRA VEGETAL	43
1.8.2.1. Características dos materiais	43
1.8.2.2. Preparação do terreno	43
1.8.2.3. Aplicação da “terra viva”	44
1.9. CONTROLO DE QUALIDADE	44
1.9.1. DISPOSIÇÕES GERAIS	44
1.9.2. PRESCRIÇÕES COMUNS A TODOS OS MATERIAIS.....	44
1.9.3. EQUIPAMENTO LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS.....	45
1.9.4. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS.....	46
1.9.4.1. Materiais para aterros	47
1.9.4.2. Materiais para a camada de Leito do Pavimento.....	48
1.9.4.3. Geotêxteis	50
1.9.4.4. Materiais para camadas drenantes.....	50
1.9.4.5. Materiais para poços/ estacas de brita	50
1.9.4.6. Materiais para máscaras drenantes.....	50
1.9.4.7. Materiais para esporões drenantes.....	51
1.9.4.8. Materiais para valas/ trincheiras drenantes	51
2. DRENAGEM	53
2.1. ESCAVAÇÃO EM TRABALHOS REALIZADOS PARA GARANTIA DA CONTINUIDADE DO SISTEMA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS	53
2.2. PASSAGENS HIDRÁULICAS EM BETÃO	53
2.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	53
2.2.1.1. Betão	53
2.2.1.2 Elementos Tubulares de Betão.....	57

2.2.1.3. Estruturas em Betão	58
2.2.1.4. Estruturas pré – fabricadas em Betão.....	58
2.2.2.PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	58
2.2.2.1. Execução de Passagens hidráulicas de secção circular ou outra	58
2.2.2.2. Execução de Passagens Hidráulicas de Secção Rectangular ou outras em Betão Armado ..	61
2.2.2.3. Execução de Bocas.....	62
2.3.PASSAGENS HIDRÁULICAS METÁLICAS.....	62
2.3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	62
2.3.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	62
2.3.2.1. Execução de Passagens hidráulicas (PH's) de secção circular ou outras	62
2.3.2.2. Execução de Bocas.....	64
2.4. VALETAS E VALAS	64
2.4.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA O REVESTIMENTO	64
2.4.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	64
2.5. DRENOS DE PLATAFORMA (LONGITUDINAIS E TRASVERSAIS)	65
2.5.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	65
2.5.1.1. Tubos de escoamento em betão ou PVC	65
2.5.1.2. Agregados	66
2.5.1.3. Geotêxteis.....	66
2.5.1.4. Betão e Membranas para impermeabilização da soleira	67
2.5.1.5. Ecrãs Drenantes	67
2.5.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	67
2.6. CAMADAS DRENANTES (SOB O PAVIMENTO)	70
2.6.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	70
2.6.1.1. Materiais Drenantes	70
2.6.1.2. Geotêxteis.....	70
2.6.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	71
2.7. COLECTORES	71
2.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	71
2.7.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	72
2.8. ÓRGÃOS COMPLEMENTARES DE DRENAGEM.....	75
2.8.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	75
2.8.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	75

2.9. ÓRGÃOS OU TRABALHOS ACESSÓRIOS NO SISTEMA DE DRENAGEM	76
2.9.1. CONTINUIDADE DAS VALETAS SOB SERVIENTIAS.....	76
2.9.2. REVESTIMENTO DE VALAS DE GRANDE SECÇÃO	77
2.9.3. LIMPEZA DE PASSAGENS HIDRÁULICAS	77
2.9.4. DEMOLIÇÃO DE ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE.	77
2.10. CONTROLO DA QUALIDADE	77
2.10.1. DIRECTIVA COMUNITÁRIA DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO	77
2.10.1.1. Marcação CE.....	78
2.10.1.2. Declarações de conformidade	78
2.10.1.3. Documentos de Homologação.....	79
2.10.2. REQUISITOS PARA ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS.....	79
2.10.3 CONTROLO DE QUALIDADE DOS MATERIAIS.....	79
2.10.4. EQUIPAMENTO LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS	80
2.10.5. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS.....	80
2.10.5.1. Tubos de Betão	81
2.10.5.2. Materiais para a execução de drenos.....	81
2.10.5.3. Geotêxteis para camadas drenantes	82
 3. PAVIMENTAÇÃO	 83
3.1.MATERIAIS CONSTITUINTES DAS CAMADAS NÃO LIGADAS, CAMADAS TRATADAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS E CAMADAS BETUMINOSAS	83
3.1.1. SOLOS	83
3.1.2. CAL.....	83
3.1.3. CIMENTOS.....	83
3.1.4. ÁGUA	84
3.1.5. AGREGADOS PARA CAMADAS DE SUB-BASE E BASE GRANULARES E EM MISTURA.....	84
3.1.5.1. Agregados naturais	84
3.1.5.2. Agregados reciclados.....	85
3.1.6. AGREGADOS PARA MISTURAS BETUMINOSAS	88
3.1.7. ADIÇÕES PARA MISTURAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS.....	90
3.1.8. ADJUVANTES	90
3.1.9. LIGANTES BETUMINOSOS.....	90
3.1.9.1. Betumes puros	91

3.1.9.2. Betumes modificados	92
3.1.9.3. Emulsões betuminosas catiónicas	93
3.1.10. ADITIVOS ESPECIAIS PARA MISTURAS BETUMINOSAS.....	96
3.1.11. FILER PARA MISTURAS BETUMINOSAS	96
3.1.11.1.Filer	96
3.1.11.2.cinzas.....	97
3.2. CAMADAS EM SOLOS OU MATERIAIS GRANULARES COM CARACTERÍSTICAS DE SUB-BASE	97
3.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	97
3.2.1.1.Solos seleccionados.....	97
3.2.1.2. Agregado não britado (Material aluvionar)	98
3.2.1.3. Agregado Britado de granulometria extensa.....	98
3.2.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	99
3.2.2.1. ESTUDO LABORATORIAL.....	99
3.2.2.2. PREPARAÇÃO DA PLATAFORMA DE APOIO DO PAVIMENTO	101
3.2.2.3. EXPLORAÇÃO OU FABRICO E ARMAZENAMENTO.....	101
3.2.2.4. TRANSPORTE E ESPALHAMENTO	102
3.2.2.5. COMPACTAÇÃO E CORRECÇÃO DO TEOR EM ÁGUA	102
3.2.2.6. REGULARIDADE DA SUPERFÍCIE ACABADA	103
3.2.2.7. ESPESSURA DA CAMADA.....	103
3.2.2.8. CONTROLO DE QUALIDADE	103
3.3. CAMADAS DE MISTURAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS COM CARACTERÍSTICAS DE	
SUB-BASE	104
3.3.1. SOLO-CIMENTO FABRICADO EM CENTRAL.....	104
3.3.1.1. Solos.....	104
3.3.1.2. Composição da mistura.....	104
3.3.2. SOLO-CIMENTO FABRICADO “IN SITU”	105
3.3.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	105
3.3.3.1. Estudo da mistura e obtenção da composição de trabalho	105
3.3.3.2. Preparação da superfície existente.....	105
3.3.3.3. Desagregação do solo.....	105
3.3.3.4. Humidade do solo.....	106
3.3.3.5. Fabrico.....	106
3.3.3.6. Transporte	107

3.3.3.7. Colocação em obra	107
3.3.3.8. Controlo de qualidade	110
3.4. CAMADAS EM AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA COM CARACTERÍSTICAS DE BASE	110
3.4.1. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA.....	110
3.4.2. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA MISTURADO EM CENTRAL	111
3.4.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	112
3.4.3.1. Estudo laboratorial	112
3.4.3.2. Fabrico e armazenamento	112
3.4.3.3. Espalhamento	113
3.4.3.4. Compactação	114
3.4.3.5. Regularidade da superfície acabada	114
3.4.3.6. Espessura da camada.....	114
3.4.3.7. Impregnação betuminosa.....	114
3.5. CAMADAS DE MISTURAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS COM CARACTERÍSTICAS DE BASE ...	116
3.5.1. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM LIGANTES HIDRÁULICOS.....	116
3.5.1.1. Materiais constituintes.....	116
3.5.1.2. Adjuvantes.....	116
3.5.1.3. Agregados	116
3.5.1.4. Características da mistura.....	117
3.5.1.5. Emulsão betuminosa de protecção superficial.....	117
3.5.1.6. Gravelha de protecção superficial.....	117
3.5.2. BETÃO POBRE CILINDRADO	118
3.5.2.1. Materiais constituintes.....	118
3.5.2.2. Adjuvantes.....	118
3.5.2.3. Agregados	118
3.5.2.4. Características da mistura.....	119
3.5.2.5. Emulsão betuminosa de protecção superficial.....	119
3.5.2.6. Gravelha de protecção superficial	119
3.5.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	119
3.5.3.1. Estudo laboratorial de formulação / estudo de composição	119
3.5.3.2. Ensaio prévios em obra.....	120
3.5.3.3. Trecho experimental.....	121
3.5.3.4. Métodos construtivos	122

3.5.3.5. Controlo de qualidade	125
3.6. CAMADA DE AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM EMULSÃO BETUMINOSA COM CARACTERÍSTICAS DE BASE E/ OU REGULARIZAÇÃO	126
3.6.1. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM EMULSÃO BETUMINOSA PARA CAMADAS DE BASE	126
3.6.1.1. Ligante	126
3.6.1.2. Mistura de agregados	126
3.6.1.3. Características da mistura	127
3.6.2. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM EMULSÃO BETUMINOSA PARA CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO	127
3.6.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	128
3.6.3.1 Estudo da composição e da fórmula de trabalho	128
3.6.3.2. Trechos experimentais	129
3.6.3.3. Preparação da superfície a recobrir	129
3.6.3.4. Fabrico, transporte e aplicação da mistura	129
3.6.3.5. Controlo de qualidade	132
3.7. MISTURA BETUMINOSA ABERTA A FRIO PARA CAMADAS DE BASE E DE REGULARIZAÇÃO ...	133
3.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE BASE	133
3.7.1.1. Ligante	133
3.7.1.2. Agregados	133
3.7.1.3. Características da mistura	135
3.7.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO	135
3.7.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	135
3.7.3.1. Estudo da composição e da fórmula de trabalho	135
3.7.3.2. Trechos experimentais	136
3.7.3.3. Preparação da superfície a recobrir	136
3.7.3.4. Fabrico, transporte e aplicação da mistura	137
3.7.3.5. Abertura ao tráfego e cura	139
3.7.3.6. Controlo de qualidade	139
3.8. DISPOSIÇÕES GERAIS PARA O ESTUDO, FABRICO, TRANSPORTE E APLICAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS A QUENTE	140
3.8.1. ESTUDO DA COMPOSIÇÃO	140
3.8.1.1. Apresentação do estudo	140
3.8.1.2. Critérios gerais a seguir no estudo	141

3.8.2. TRANSPOSIÇÃO DO ESTUDO LABORATORIAL PARA A CENTRAL DE FABRICO DE MISTURAS BETUMINOSAS.....	141
3.8.3. EXECUÇÃO DE TRECHOS EXPERIMENTAIS	142
3.8.4. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE SUBJACENTE	143
3.8.4.1. Condições da superfície existente	143
3.8.4.2. Limpeza	143
3.8.4.3. Rega de colagem	143
3.8.5. FABRICO, TRANSPORTE E ESPALHAMENTO DAS MISTURAS BETUMINOSAS	143
3.8.5.1. Centrais betuminosas.....	143
3.8.5.2. Fabrico.....	154
3.8.5.3. Tolerâncias no fabrico	155
3.8.6. TRANSPORTE.....	155
3.8.6.1. Equipamento	155
3.8.6.2. Condicionamentos do transporte	156
3.8.7. ESPALHAMENTO.....	156
3.8.7.1. Equipamento	156
3.8.7.2.Particularidades do processo de espalhamento	157
3.8.8. COMPACTAÇÃO.....	158
3.8.8.1. Equipamento	158
3.8.8.2. Particularidades do processo de compactação	158
3.8.9. JUNTAS DE TRABALHO	159
3.8.10. EQUIPAMENTO PARA A EXECUÇÃO DE CAMADAS BETUMINOSAS A QUENTE	159
3.8.11. CONTROLO DE QUALIDADE	160
3.8.11.1.Durante o fabrico e aplicação	160
3.8.11.2. Após a aplicação	160
3.9. CAMADAS DE BASE E REGULARIZAÇÃO EM MACADAME BETUMINOSO	162
3.9.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE BASE	163
3.9.1.1. Ligante.....	163
3.9.1.2. Mistura de agregados.....	163
3.9.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO	164
3.9.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	164
3.9.3.1. Apresentação do estudo	164
3.9.3.2. Transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico	165

3.9.3.3. Execução do trecho experimental	165
3.9.3.4. Particularidades do processo construtivo	166
3.10. SEMI-PENETRAÇÃO BETUMINOSA	166
3.10.1 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	166
3.10.1.1. Ligante	166
3.10.1.2. Agregados	166
3.10.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	167
3.10.2.1. Espalhamento e cilindramento do agregado	167
3.10.2.2. Espalhamento do aglutinante betuminoso	168
3.10.2.3. Espalhamento e cilindramento do agregado de recobrimento	168
3.10.2.4. Técnicas de execução a frio	169
3.10.2.5. Circulação sobre a camada recentemente executada	169
3.11. CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO EM MISTURA BETUMINOSA Densa E BETÃO BETUMINOSO	169
3.11.1. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS DENSAS	169
3.11.1.1. Ligante	169
3.11.1.2. Mistura de agregados	169
3.11.1.3. Características da mistura betuminosa	170
3.11.2. CARACTERÍSTICAS DO BETÃO BETUMINOSO (COM 0,05 M DE ESPESSURA MÉDIA) SUBJACENTE A CAMADAS DE DESGASTE DELGADA	170
3.11.2.1. Ligante	170
3.11.2.2. Mistura de agregados	170
3.11.2.3. Características da mistura betuminosa	171
3.11.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	171
3.11.3.1. Apresentação do estudo	172
3.11.3.2. Transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico	172
3.11.3.3. Execução do trecho experimental	172
3.11.3.4. Particularidades do processo construtivo	172
3.12. CAMADA DE DESGASTE EM BETÃO BETUMINOSO	172
3.12.1. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS DE BETÃO BETUMINOSO	172
3.12.1.1. Ligante	172
3.12.1.2. Mistura de agregados	172
3.12.1.3. Características da mistura betuminosa	173
3.12.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	174
3.13. INCRUSTAÇÃO DE GRAVILHAS EM CAMADA DE DESGASTE EM BETÃO BETUMINOSO	174

3.13.1. GRAVILHAS DURAS INCRUSTADAS	174
3.13.1.1. Ligante	174
3.13.1.2. Gravilhas	174
3.13.1.3. Características das gravilhas pré-envolvidas.....	174
3.13.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	175
3.14. CAMADA DE REGULARIZAÇÃO E/OU DESGASTE EM ARGAMASSA BETUMINOSA.....	175
3.14.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADA DE REGULARIZAÇÃO	175
3.14.1.1. Ligante	175
3.14.1.2. Misturas de agregados.....	175
3.14.1.3. Características da argamassa betuminosa.....	176
3.14.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADA DE DESGASTE	176
3.14.2.1. Ligante.....	176
3.14.2.2. Mistura de agregados.....	176
3.14.2.3. Características da argamassa betuminosa.....	177
3.14.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	177
3.14.3.1. Apresentação do estudo	177
3.14.3.2. Particularidades do processo construtivo	177
3.15. TRATAMENTO DE PAVIMENTOS BETUMINOSOS FISSURADOS COM VISTA AO SEU	
REFORÇO.....	178
3.15.1. SLURRY SEAL SIMPLES.....	178
3.15.1.1. Ligante.....	178
3.15.1.2. Mistura de agregados.....	178
3.15.1.3. Características da mistura.....	179
3.15.2. SLURRY SEAL DUPLO.....	179
3.15.2.1. 1ª Aplicação.....	179
3.15.2.2. 2ª Aplicação.....	181
3.15.2. PROCESSO CONSTRUTIVO PARA COLMATAÇÃO DE FISSURAS COM SLURRY SEAL.....	181
3.15.2.1. Limpeza e preparação da superfície a tratar	181
3.15.2.2. Fabrico, transporte, aplicação e cura do Slurry Seal	181
3.15.2.3. Geotêxtil como base para interface retardadora da propagação de fissuras	181
3.15.2.4. Limitações ao tratamento especificado	182
3.16. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS BETUMINOSOS.....	182
3.16.1. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS SIMPLES	183

3.16.1.1. Características do ligante	183
3.16.1.2. Características dos agregados.....	183
3.16.1.3. Processo construtivo	184
3.16.2. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS DUPLOS	188
3.16.2.1. Características dos ligantes e agregados na 1ª aplicação.....	188
3.16.2.2. Características do ligante e agregados na 2ª aplicação	189
3.16.2.3. Processo construtivo	189
3.16.3. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS SIMPLES COM DUAS APLICAÇÕES DE AGREGADOS – REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS DESCONTÍNUOS.....	190
3.16.3.1. Características do ligante	190
3.16.3.2. Características dos Agregados	190
3.16.3.3. Processo construtivo	190
3.17. CAMADA DE DESGASTE EM MICROAGLOMERADO BETUMINOSO A FRIO	191
3.17.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA MICROAGLOMERADO BETUMINOSO A FRIO SIMPLES	191
3.17.1.1. Características do Ligante.....	191
3.17.1.2. Características da mistura de agregados.....	191
3.17.1.3. Características da mistura.....	192
3.17.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA MICROAGLOMERADO BETUMINOSO A FRIO DUPLO.....	192
3.17.2.1. Características dos materiais para a 1ª aplicação	192
3.17.2.2. Características dos materiais para a 2ª aplicação	194
3.17.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	195
3.17.3.1. Estudo da composição (Apresentação do estudo).....	195
3.17.3.2. Transposição do estudo laboratorial para a central móvel de fabrico da mistura betuminosa	195
3.17.3.3. Execução de trechos experimentais.....	196
3.17.3.4. Preparação da superfície subjacente	196
3.17.3.5. Fabrico e espalhamento	196
3.17.3.6. Juntas de trabalho	197
3.17.3.7. Limitações à execução	198
3.17.3.8. Controlo de qualidade	198
3.18. CALÇADA DE CUBOS OU PARALELEPÍPEDOS	198
3.18.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	198
3.18.2. PROCESSO CONSTRUTIVO	199
3.19. CALÇADA DE EM PEDRAS DE CHÃO	200

3.19.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	200
3.19.2. PROCESSO CONSTRUTIVO	200
3.20. MACADAME HIDRÁULICO	200
3.20.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	200
3.20.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	200
3.21. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS.....	201
3.21.1. RECICLAGEM “IN SITU” A FRIO COM CIMENTO	201
3.21.1.1. Características dos materiais	201
3.21.1.2. Processos construtivos	203
3.21.2. RECICLAGEM IN SITU A FRIO, COM EMULSÃO BETUMINOSA	212
3.21.2.1. Características dos materiais	212
3.21.2.2. Processos Construtivos.....	214
3.22. TRABALHOS ESPECIAIS DE PAVIMENTAÇÃO	219
3.22.1. FRESAGEM DE CAMADAS DE PAVIMENTOS EXISTENTES.....	219
3.22.2. SANEAMENTOS EM PAVIMENTOS EXISTENTES	220
3.22.3. ESCARIFICAÇÃO E RECOMPACTAÇÃO DE PAVIMENTOS EXISTENTES DE ACORDO COM A ESPESSURA DEFINIDA NO PROJECTO	220
3.22.4. ENCHIMENTO EM AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA, PARA REGULARIZAÇÃO E/OU REPERFILAMENTO DE PAVIMENTOS EXISTENTES.....	220
3.22.5. SELAGEM OU ELEMENTO RETARDADOR DA PROPAGAÇÃO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DEGRADADOS	221
3.22.5.1. Características dos materiais	221
3.22.5.2. Métodos construtivos	222
3.22.6. REPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS COM AS CARACTERÍSTICAS DOS EXISTENTES, DESIGNADAMENTE EM ZONAS DE ABERTURA DE VALAS PARA INSTALAÇÃO DE REDES DE SERVIÇOS PÚBLICOS OU OUTROS	223
3.22.7. ENCHIMENTO E/OU REGULARIZAÇÃO DE BERMAS EM SOLOS SELECIONADOS	223
3.22.8. PAVIMENTAÇÃO DE PASSEIOS	223
3.23. CONTROLO DA QUALIDADE	223
3.23.1. DIRECTIVA COMUNITÁRIA DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO	223
3.23.1.1. Marcação CE.....	224
3.23.1.2. Declarações de conformidade	224
3.23.1.3. Documentos de Homologação.....	225
3.23.2. REQUISITOS PARA ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS.....	225
3.23.3. CONTROLO DE QUALIDADE DOS MATERIAIS	225

3.23.4. EQUIPAMENTO LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS.....	226
3.23.5. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS	228
3.23.5.1. Materiais para camadas granulares com características de sub-base.....	229
3.23.5.2. Materiais para camadas granulares com características de base.....	230
3.23.5.3. Materiais para camadas de misturas com ligantes hidráulicos.....	231
3.23.5.4. Materiais para misturas betuminosas a frio.....	232
3.23.5.5. Misturas betuminosas a quente.....	233
3.23.5.6. Materiais para tratamentos superficiais.....	237
3.23.5.7. Camadas recicladas	237

4. OBRAS ACESSÓRIAS..... 239

4.1. REVESTIMENTO VEGETAL239

4.1.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	239
4.1.1.1. Materiais orgânicos e verdes.....	239
4.1.1.2. Materiais Vegetais	240
4.1.1.3. Materiais não especificados	241
4.1.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	241
4.1.2.1. Preparação do Terreno	241
4.1.2.2. Sementeiras.....	242
4.1.2.3. Plantações.....	242
4.1.2.4. Rede de rega.....	243
4.1.2.5. Transplante de árvores.....	243
4.1.2.6. Trabalhos no período de garantia	245

4.2. BARREIRAS ACÚSTICAS248

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	248
4.2.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	249

4.3. MUROS DE SUPORTE, ESPERA OU VEDAÇÃO249

4.3.1. MUROS EM ENROCAMENTO OU ALVENARIA DE PEDRA.....	249
4.3.2. MUROS EM BETÃO CICLÓPICO	249
4.3.3. MUROS EM BETÃO ARMADO	249
4.3.4. MUROS DE GABIÕES	250
4.3.4.1. Características dos materiais	250
4.3.4.2. Processo construtivo	253

4.4. PAREDES PARA ANCORAR OU PREGAR.....	255
4.4.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	255
4.4.1.1. Betão armado	255
4.4.1.2. Betão projectado	255
4.4.1.3. Aço para Malha Electrossoldada	256
4.4.1.4. Aço para Fibras metálicas.....	256
4.4.1.5. Pregagens e ancoragens	256
4.4.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	260
4.4.2.1. Betão armado	260
4.4.2.2 Betão projectado, malha electrossoldada e fibras metálicas.....	260
4.4.2.3 Pregagens	264
4.4.2.4. Ancoragens	266
4.5. REVESTIMENTO DE TALUDES E CANAIS.....	273
4.5.1. REVESTIMENTO DE TALUDES E CANAIS EM COLCHÕES DE REDE METÁLICA PREENCHIDOS COM MATERIAL ROCHOSO.....	273
4.5.1.1. Características dos materiais	273
4.5.1.2. Processo Construtivo	274
4.5.2. REDE DE PROTECÇÃO CONTRA A QUEDA DE PEDRAS.....	275
4.5.2.1. Características dos materiais	275
4.5.2.2. Processos construtivos	276
4.6. INSTALAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE ÁGUAS RESIDUAIS PLUVIAIS E DOMÉSTICAS OU REPOSIÇÃO DAS AFECTADAS	277
4.6.1. Características das tubagens e acessórios para redes de distribuição de água.....	277
4.6.1.1. Tubagens	277
4.6.1.2. Válvulas de seccionamento.....	277
4.6.1.3. Marcos de incêndio	278
4.6.1.4. Bocas de Rega.....	278
4.6.1.5. Materiais para aterro de valas.....	279
4.6.1.6. Materiais para camadas de pavimentos (reposição)	279
4.6.2. CARACTERÍSTICAS DAS TUBAGENS PARA REDES DE ÁGUAS RESIDUAIS PLUVIAIS	279
4.6.2.1. Disposições gerais	279
4.6.2.2. Recepção de tubagens	279
4.6.2.3. Ensaio.....	280

4.6.3. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA TUBAGENS DAS REDES DE ÁGUAS RESIDUAIS	
DOMÉSTICAS	281
4.6.3.1. Características Gerais das Tubagens	281
4.6.3.2. Recepção de tubagens.....	282
4.6.3.3. Ensaios	282
4.6.3.4. Amostragem e regras de decisão.....	282
4.6.4. CARACTERÍSTICAS DOS SUMIDOUROS E RALOS DE PAVIMENTO, E GRELHAS	283
4.6.5. CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE FECHO (ARO + TAMPA) DAS CAIXAS DE VISITA E DISPOSITIVOS DE ENTRADA (ARO + GRELHA) DE SUMIDOUROS.....	283
4.6.6. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA ATERRO DE VALAS.....	284
4.6.7. CARACTERÍSTICAS DAS CAIXAS DE VISITA	284
4.6.8. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE PAVIMENTOS (REPOSIÇÃO)	284
4.6.9. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	285
4.6.9.1. Disposições Gerais.....	285
4.6.9.2. Abertura de valas.....	285
4.6.9.3. Manuseamento e transporte de tubos ou outros equipamentos nas valas	287
4.6.9.4. Assentamento de tubos ou outros equipamentos nas valas.....	288
4.6.9.5. Ligações de tubagens e outros equipamentos.....	288
4.6.9.6. Aterro das valas.....	288
4.6.9.7. Válvulas de seccionamento	289
4.6.9.8. Sumidouros.....	289
4.6.9.10. Caixas de visita.....	289
4.6.9.11. Verificação e ensaios em redes	289
4.6.9.12. Desinfecção das redes de distribuição de água.....	293
4.6.9.13. Execução de camadas de pavimentos (reposição).....	294
4.7. INSTALAÇÃO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES OU REPOSIÇÃO DE REDES AFECTADAS ..	294
4.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	294
4.7.1.1. Fornecimento e instalação de postes, linhas e/ou cabos (aéreos e subterrâneos) de telecomunicações	294
4.7.1.2. Tubos para instalação de cabos.....	294
4.6.1.3. Caixas de visita, com tampa e aro, construídas “in situ” ou compostas por elementos prefabricados	295
4.7.1.4. Fita plástica sinalizadora	295
4.7.1.5. Materiais para aterro de valas	296

4.7.1.6. Materiais para camadas de pavimentos (reposição) e betão tipo C 12/15.....	296
4.7.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	296
4.7.2.1. Fornecimento e instalação de postes, linhas e/ou cabos (aéreos e subterrâneos) de telecomunicações.....	296
4.7.2.2. Abertura de valas para a instalação de tubos ou cabos.....	296
4.7.2.3. Instalação de tubos nas valas.....	297
4.7.2.4. Aterro de valas e execução de camadas de pavimentos (reposição)	297
4.8. INSTALAÇÃO DE REDES DE TRANSPORTE E/OU DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA, DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E ACESSÓRIOS OU REPOSIÇÃO DAS AFECTADAS	297
4.8.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA REDES DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E ACESSÓRIOS	297
4.8.1.1. Tubagem em PVC.....	298
4.8.1.2. Cabos	298
4.8.1.3. Armários de distribuição, seccionamento, sem contagem de energia, constituindo quadro eléctrico com esquema de comando e resistência de aquecimento	298
4.8.1.4. Armários de distribuição, seccionamento, com contagem de energia em compartimento separado, constituindo quadro eléctrico com esquema de comando e resistência de aquecimento	299
4.8.1.5. Eléctrodo de terra, tipo piquet com condutor de terra de cobre tipo v de 35 mm ² devidamente enterrado, instalado e ligado	299
4.8.1.6. Eléctrodo de terra.....	299
4.8.1.7. Colunas metálicas	299
4.8.1.8. Luminárias.....	300
4.8.1.9. Postos de transformação aéreos	300
4.8.1.10. Postos de transformação em cabine.....	300
4.8.1.11. Materiais para aterro de valas.....	301
4.8.1.12. Materiais para camadas de pavimentos (reposição)	301
4.8.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	301
4.8.2.1. Maciços de betão, simples ou armado, para colunas de iluminação	301
4.8.2.2. Maciços para quadros eléctricos.....	302
4.8.2.3. Abertura e aterro de valas.....	302
4.8.2.4. Travessias, inferiores a vias de comunicação ou outras	303
4.8.2.5. Execução de caixas de visita e/ou ligação, com tampa e aro construídas “in situ” ou compostas por elementos prefabricados	304
4.8.2.6. Armários de distribuição e seccionamento	305
4.8.2.7. Terminações e uniões em cabos de baixa tensão.....	305

4.8.2.8. Electrificação das colunas de iluminação pública	306
4.8.2.9. Ligação à terra das colunas de iluminação pública.....	306
4.8.2.10. Identificação das colunas	306
4.8.2.11. Execução de camadas de pavimentos (reposição).....	306
4.9. LANCIL EM BETÃO	307
4.9.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	307
4.9.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	307
4.10. CONTROLO DE QUALIDADE	307

5. SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA

5.1. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL – MARCAS RODOVIÁRIAS	309
5.1.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	309
5.1.1.1. Tintas para pré-marcação	309
5.1.1.2. Material termoplástico	309
5.1.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	312
5.1.2.1. Material termoplástico de aplicação a quente	312
5.1.2.2. Lotes, amostras e ensaios.....	314
5.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL E EQUIPAMENTO DE BALIZAGEM E DE GUIAMENTO	314
5.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS	314
5.2.1.1. Sinais de pequena dimensão	314
5.2.1.2. Demarcação	317
5.2.1.3. Marcação dos sinais	318
5.2.1.4. Parafusos, anilhas e porcas	318
5.2.1.5. Aço macio corrente e metal de adição para soldadura	318
5.2.1.6. Alumínio	318
5.2.1.7. Ligas de alumínio.....	319
5.2.1.8. Protecção de elementos contra a corrosão.....	319
5.2.1.9. Cores	319
5.2.1.10. Abecedários e numerários.....	319
5.2.1.11. Marcadores.....	319
5.2.1.12. Delineadores.....	321
5.2.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS	323
5.2.2.1. Armazenamento dos sinais	323

5.2.2.2. Montagem dos sinais	323
5.2.2.3. Localização dos sinais	323
5.2.2.4. Implantação transversal dos sinais	323
5.2.2.5. Implantação vertical dos sinais	323
5.2.2.6. Colocação	324
5.2.2.7. Escavações para maciços de fundação de sinais	324
5.2.2.8. Betão	325
5.2.2.9. Marcadores	325
5.2.2.10. Delineadores	326
5.3. GUARDAS DE SEGURANÇA SEMI-FLEXÍVEIS	327
5.3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	327
5.3.1.1. Normas e regulamentos	327
5.3.1.2. Qualidade dos materiais.....	327
5.3.1.3. Características do aço.....	327
5.3.1.4. Características do metal de adição para soldadura.....	327
5.3.1.5. Tipos e dimensões dos elementos da guarda de segurança simples	328
5.3.1.6. Tipos e dimensões dos elementos da guarda de segurança dupla especial	329
5.3.1.7. Resistência dos elementos	330
5.3.1.8. Protecção contra a corrosão	331
5.3.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	331
5.3.2.1. Implantação	331
5.3.2.2. Ancoragem	331
5.3.2.3. Montagem e manutenção das guardas de segurança.....	332
5.3.2.4. Extremidade enterrada a cota constante	332
5.3.2.5. Extremidade enterrada a cota variável	332
5.4. GUARDAS DE SEGURANÇA RÍGIDAS.....	333
5.4.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	333
5.4.1.1. Normas e regulamentos	333
5.4.1.2. Qualidade dos materiais.....	333
5.4.1.3. Elementos constituintes	333
5.4.1.4. Características e dimensões.....	333
5.4.1.5. Resistência	334
5.4.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS.....	334

5.4.2.1. Implantação	334
5.4.2.2. Colagem-fixação.....	334
5.4.2.3. Fabrico	334
5.4.2.4. Extremidades.....	334
5.5. CONTROLO DA QUALIDADE	335

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Classes de Solos.....	10
Quadro 2 – Valores de CBR dos solos a tratar e da mistura.....	12
Quadro 3 – Designação e normas/especificações dos Ensaios em Solos, Rocha e agregados	45
Quadro 4 – Designação e normas/especificações dos Ensaios em cimentos	46
Quadro 5 – Tensões de rotura por Compressão Diametral Mínimas (KN/m).....	57
Quadro 6 – Tensões de rotura por Compressão Diametral Admissíveis (KN/m)	72
Quadro 7 – Designação e normas dos ensaios	80
Quadro 8 – Fracções granulométricas dos agregados para camadas não ligadas	85
Quadro 9 – Classificação dos agregados reciclados de acordo com a natureza dos constituintes da fracção grossa.....	86
Quadro 10 – Campo de aplicação dos agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos	87
Quadro 11 – Propriedades e requisitos mínimos dos parâmetros geométricos e de natureza dos agregados reciclados para aplicação em camadas não ligadas de pavimentos.....	87
Quadro 12 – Propriedades e requisitos mínimos dos parâmetros de comportamento mecânico dos agregados reciclados para aplicação em camadas não ligadas de pavimentos.....	88
Quadro 13 – Propriedades e requisitos mínimos das propriedades químicas dos agregados reciclados para aplicação em camadas não ligadas de pavimentos	88
Quadro 14 – Fracções granulométricas dos agregados para camadas betuminosas	89
Quadro 15 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais descontínuas.....	150
Quadro 16 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais contínuas e do tipo secador – misturador	152
Quadro 17 – Tolerâncias na espessura das camadas	160
Quadro 18 – Limites das irregularidades transversais e longitudinais das camadas betuminosas	161
Quadro 19 – Valores admissíveis de IRI (m/km), calculados por troços de 100 metros em pavimentos com camadas de desgaste betuminosas.....	161
Quadro 20 – Classificações do IRI.....	161
Quadro 21 – Valor mínimo de altura de areia de acordo com o tipo de camada	162
Quadro 22 – Taxa de ligante residual para os revestimentos residuais simples.....	183
Quadro 23 – Taxa de ligante residual para os revestimentos superficiais duplos na 1ª aplicação	188
Quadro 24 – Taxa de ligante residual para os revestimentos superficiais duplos na 2ª aplicação	189
Quadro 25 – Taxa de ligante residual para os revestimentos superficiais simples com duas aplicações de agregados.....	190

Quadro 26 – Taxa de aplicação de agregados	190
Quadro 27 – Valores admissíveis de IRI (m/km) para camadas recicladas “in situ” a frio com cimento	211
Quadro 28 – Valores admissíveis de IRI (m/km) para camadas recicladas “in situ” com emulsão	219
Quadro 29 – Designação e normas/especificações dos ensaios a realizar em solos, rocha e agregados.....	227
Quadro 30 – Designação e normas/especificações dos ensaios a realizar em cimentos e betões hidráulicos.....	227
Quadro 31 – Designação e normas/especificações dos ensaios a realizar em ligantes e misturas betuminosas	228
Quadro 32 – Altura das árvores e arbustos.....	241
Quadro 33 – Coeficiente ξ para o cálculo de R_{ak}	270
Quadro 34 – Patamares de carga para o ensaio de recepção simplificado	271
Quadro 35 – Patamares de carga para os ensaios de recepção detalhados	272
Quadro 36 – diâmetros mínimos para o arame normal.....	274
Quadro 37 – Tensões de rotura por Compressão Diametral Admissíveis (KN/m)	281
Quadro 38 – Classes mínimas de resistência mecânica dos dispositivos de fecho e de entrada das caixas de visita	284
Quadro 39 – Pressão do ensaio consoante o tipo de tubo	292
Quadro 40 – Duração das pressões de ensaio	292
Quadro 41 – Profundidades e larguras das valas de instalação de tubos ou cabos.....	296
Quadro 42 – Definição a conter no pavimento a marcar.....	312
Quadro 43 – Coordenadas e referências RAL do Código Cromático para as cores	316
Quadro 44 – Factores de Luminância e Coeficientes de Rectro-reflexão	317

1

TERRAPLENAGENS

1.1. TRABALHOS PREPARATÓRIOS

1.1.1. LIMPEZA E DESMATAÇÃO

Esta operação deverá incluir toda a área interessada pela terraplenagem, nomeadamente, a linha, os caminhos paralelos, os terrenos que serão ocupados pela drenagem longitudinal e transversal fora da faixa ocupada pela estrada e pelos taludes, as faixas laterais suplementares de expropriação e os locais onde se preveja a instalação de vedações ou outros equipamentos de apoio (condutas de água, gás, esgotos, energia, telecomunicações).

As superfícies dos terrenos deverão ser limpas de pedra grossa, detritos e vegetação lenhosa que inclui arbustos e árvores. Apenas no caso de a fundação do terreno ser caracterizada como compressível, a desmatação poderá não incluir as espécies herbáceas.

Deverá ainda ser feita a remoção das raízes e do remanescente do corte de árvores, com transporte e colocação de produtos em vazadouro e eventual indemnização por depósito.

Nas situações em que seja prevista a utilização de geotêxteis, a desmatação abrangerá todas as espécies cujo porte possa causar danos ao geotêxte, não se procedendo nestes casos ao seu desenraizamento.

1.1.2. DEMOLIÇÃO DE CONSTRUÇÕES

Consiste no derrube de todas as construções ou elementos construtivos que seja necessário eliminar para adequada execução da obra.

As demolições podem ser executadas com vários procedimentos, cabendo ao Adjudicatário a sua selecção conforme a adequabilidade ao tipo de construção. O emprego de técnicas não tradicionais deverá ser previamente aprovado pela Fiscalização. O uso de explosivos requer um planeamento especial.

Anteriormente à demolição deverá ser verificada a estabilidade das construções remanescentes que não vão ser demolidas e devem ser protegidas as construções e instalações da envolvente. Durante a execução deverão ser adoptadas todas as medidas de segurança e devem ser cumpridas todas as disposições vigentes de modo a evitar que sejam causados danos nas construções, bens ou pessoas próximas da envolvente.

A fundação do terreno onde está a ser executada a demolição deverá ser escavada em profundidade pelo menos 0,5m.

Devem ser tomados especiais cuidados com condutas enterradas eléctricas.

Poderá ser ainda necessária a realização de escoramentos ou obras de suporte e outros trabalhos suplementares.

No fim do dia de trabalho não deverão ser deixados na obra elementos perigosos.

Poderá ser prevista a reutilização dos produtos de demolição na obra. No caso de materiais pétreos, estes serão limpos, recolhidos e será feita a britagem para posterior utilização. Será seguida a especificação do LNEC E 474 – *Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito do pavimento de infra-estruturas de transporte*.

Os materiais não reutilizados serão transportados e colocados em depósito, ficando a cargo do Adjudicatário eventuais indemnizações a pagar. Quando definido no projecto terá ainda de ser feita a remoção e colocação em local de depósito determinado pela Fiscalização, dos materiais considerados de interesse arquitectónico ou arqueológico.

1.1.3.DEMOLIÇÃO DE MUROS

Consiste no derrube de muros de suporte (de espera, de revestimento ou vedação) e dos bens adjacentes, que seja necessário retirar para a adequada execução da obra.

Podem ser utilizadas várias técnicas de demolição, cabendo ao adjudicatário a escolha daquela que seja mais apropriada de forma a cumprir todas as normas de segurança correntes. O recurso a técnicas não tradicionais terá de ser previamente aprovado pela Fiscalização.

Poderá ser prevista a reutilização dos produtos pétreos resultantes de demolição na obra. Nesses casos esses materiais serão limpos, recolhidos e será feita a britagem para posterior utilização. Será seguida a especificação do LNEC E 474 – *Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito do pavimento de infra-estruturas de transporte*.

Os materiais não reutilizados serão transportados e colocados em depósito ficando a cargo do Adjudicatário eventuais indemnizações. Quando definido no projecto terá ainda de ser feita a remoção e colocação em local de depósito determinado pela Fiscalização, dos materiais considerados de interesse arquitectónico ou arqueológico.

1.1.4.ENCHIMENTO DE POÇOS E MINAS

Consiste na inutilização de poços existentes e de minas que poderão ser nocivos à futura construção da estrada.

A sua inoperacionalização deverá ser feita por enchimento com enrocamento ou outro material com características drenantes equivalentes. O seu fornecimento está a cargo do Adjudicatário.

É necessário ter em atenção que, em zonas onde existem minas ou poços, os níveis freáticos podem ser elevados e é de esperar que com a inutilização destes canais subterrâneos de água, esta se vá espalhar por outras áreas prejudicando a construção e futuro desempenho da estrada. Deste modo devem ser tomados todos os cuidados e deve ser feita uma correcta colocação do material de enchimento.

1.1.5.DECAPAGEM

A decapagem será feita na área do terreno definida no projecto, que corresponde a toda a zona interessada pela terraplenagem e nas sobrelarguras de protecção consideráveis convenientes.

Esta operação refere-se à remoção da terra arável e da terra vegetal ou com elevado teor de matéria orgânica, qualquer que seja a sua espessura. Esta estará de acordo com as características do terreno e será definida no projecto. A execução deve ser cuidadosa para evitar posteriores contaminações dos materiais a utilizar nos aterros.

Em zonas de solos moles, de fracas características geotécnicas, a decapagem poderá ser inadequada, pois a terra superficial poderá constituir uma crosta mais resistente e menos deformável que o terreno subjacente. Nestes casos, quando for o mais indicado e estiver referido no projecto, não se procederá à sua realização.

A terra vegetal proveniente da decapagem poderá ser utilizada no revestimento dos taludes ou em outras operações paisagísticas definidas no projecto. Quando os volumes se tornarem insuficientes para estas operações serão utilizados empréstimos.

Toda a “terra viva” decapada será armazenada em pargas regulares ao longo do traçado. Estas pargas não deverão ser compactadas nem ter uma altura superior a 1,5 m, devendo ainda proceder-se à sua valorização por via de uma sementeira de leguminosas a incorporar na terra viva por meio de enterramento, preferencialmente na fase de floração. Os locais de armazenamento deverão ser propostos pelo Adjudicatário e previamente aprovados pela Fiscalização. Caso os depósitos fiquem em zona exterior à obra deverão ser protegidos a fim de evitar o seu extravio. A sua guarda estará ao encargo do Adjudicatário. Não é permitida a colocação provisória em cordão ao longo e lateralmente ao traçado.

Sempre que não se preveja a utilização da terra vegetal ou existam volumes sobrantes, serão conduzidos a depósito definitivo, ficando a cargo do Adjudicatário quaisquer indemnizações por depósito. Deverá ainda ser feito o tratamento paisagístico da zona de depósito.

1.1.6. SANEAMENTOS

O saneamento refere-se à remoção dos solos de má qualidade. A reposição será feita com os solos definidos em *1.4.1.-Aterros com solos*, no caso dos aterros e com materiais definidos em *1.7.1 – Características dos materiais para Leito do Pavimento*, no caso dos das escavações.

Estes trabalhos são realizados normalmente nas fundações dos aterros ou então á cota onde assenta o leito do pavimento, em escavação. O saneamento ser feito até à espessura definida no projecto que identificou no estudo geológico geotécnico a profundidade a que se encontram os solos de má qualidade. Inclui o transporte dos solos removidos a vazadouro, o espalhamento de acordo com as boas normas de execução de modo a evitar futuros escorregamentos e alterações no sistema de drenagem natural e as indemnizações a pagar por depósito.

Para efeitos de medição só será considerado como saneamento quando for realizado em zonas pontuais e quando seja necessário recorrer a equipamento específico para esse fim. Será o caso em áreas adjacentes as linhas de água de difícil acesso. Caso contrário o trabalhos serão incluídos na rubrica de escavação de solos a rejeitar por falta de características para aplicação em aterros, incluindo carga, transporte, espalhamento em vazadouro e eventual indemnização por depósito, sendo considerados como uma sobreescavação em relação ao perfil teórico.

Qualquer saneamento exige a confirmação da Fiscalização, aprovação da espessura e da extensão a sanear. Só assim serão considerados para efeitos de medição. Todos os trabalhos de substituição de solos que o adjudicatário possa executar sem a respectiva aprovação não serão considerados.

1.1.7. PROTECÇÃO DA VEGETAÇÃO EXISTENTE

Na zona da estrada, nas áreas não abrangidas por movimentos de terras, toda a vegetação arbustiva e arbórea deverá ser protegida, de modo a não ser afectada durante a execução da obra. É da responsabilidade do adjudicatário instalar vedações e resguardos onde for conveniente e necessário.

A vegetação removida das superfícies a escavar ou a aterrar que, de acordo com o previsto no projecto, for recuperável, será transplantada de acordo com o especificado pelo projecto ou pela Fiscalização.

1.2. ESCAVAÇÕES

As escavações incluem todo o conjunto de operações para remover e nivelar as zonas onde irá assentar a estrada, incluindo a plataforma, os taludes e as valetas.

Segundo este Caderno de Encargos os materiais escavados são apenas aqueles que exigem a utilização de meios mecânicos ou explosivos na quantificação das rubricas relativas às escavações na linha, em valas de grande secção ou para abertura de fundações de obras de arte. Nos restantes trabalhos de escavação considera-se o princípio de “terreno de qualquer natureza”, a que correspondem as características de ripabilidade média decorrente do estudo geológico-geotécnico.

Os materiais de escavação serão sempre que possível utilizados para a realização de aterros ou para outros fins indicados no projecto.

Quando não se preveja a sua utilização deverão ser transportados a vazadouro ficando a cargo do adjudicatário possíveis indemnizações por depósito.

1.2.1. DISPOSIÇÕES GERAIS

Após a decapagem e antes de serem iniciadas as escavações, devem ser executadas as valas de crista, de modo a desviar das águas do terreno recentemente escavado.

Na escavação dos materiais reutilizáveis na construção de aterros, as técnicas e os meios de equipamentos devem ser os mais adequados tendo em conta os tipos de materiais existentes e as condições atmosféricas previsíveis.

As escavações não deverão ser levadas abaixo das cotas previstas. No entanto nos casos em que isso suceda, o material removido abaixo da cota de projecto deve ser substituído por materiais com as características especificadas neste caderno de encargos em *1.7.1. Materiais para o Leito do Pavimento*. A utilização de solos (*1.7.1.1*) não é contudo permitida quando a escavação ocorrer em materiais rochosos, quer o desmonte tenha sido ou não efectuado com explosivos.

A escavação deverá progredir de modo a que seja assegurado um perfeito escoamento superficial das águas por gravidade.

Se no decorrer das escavações, for encontrada água nascente, deverá proceder-se de imediato á respectiva captação e drenagem. O fundo da escavação deve ser mantido livre de água por intermédio de bombagem ou outro meio.

As valetas de plataforma têm de ser abertas de acordo com a inclinação e forma dos perfis transversais, de modo a evitar enchimentos.

As valetas de banquetta e de crista, quando revestidas, devem ser betonadas contra o terreno.

A qualidade dos materiais resultantes de escavações na obra, e a aplicar em aterro, deve ser verificada continuamente durante o trabalho, de modo a permitir um controlo eficaz da execução. Assim, far-se-á pelo menos uma caracterização de materiais em cada jornada de escavação.

A compactação relativa dos solos subjacentes ao do leito do pavimento, quando referida ao ensaio Proctor Modificado, deve ser pelo menos de 95%. Quando, após a conclusão da escavação se verificar que, àquela cota, as condições “in situ” não satisfazem o acima estipulado, dever-se-á proceder á escarificação da plataforma até uma profundidade de 0,30 m. Procede-se depois à sua humedificação, se necessário, e compactação conforme o especificado anteriormente. Quando for necessário promover a sua substituição, será feita por materiais especificados em 1.7.1. – *Características dos materiais a aplicar em Leito do Pavimento*.

Quando se recorrer ao “desmonte a fogo” em áreas urbanisticamente ocupadas, deverá o Adjudicatário tomar as precauções necessárias, que deverão incluir avisos sonoros para não colocar em risco pessoas e bens, assumindo inteira responsabilidade pelos prejuízos que eventualmente venham a ser causados a terceiros. Não será permitida a realização de rebentamentos depois do pôr-do-sol, de modo a não incomodar ou assustar as populações. Antes do início dos desmontes deverão ser realizados planos de observação topográfica dos edifícios assim como a vistoria própria.

1.2.2. ESCAVAÇÕES COM MEIOS MECÂNICOS (LÂMINA, BALDE OU RIPPER)

Refere-se à execução das escavações dos materiais na linha ou em valas de grande secção, que apenas exigem meios mecânicos de desmonte.

Para efeitos de medição, considerar-se-ão como desmontados com meios mecânicos todos os materiais que não exijam o recurso à utilização de explosivos.

A quantificação dos respectivos volumes será efectuada de acordo com o procedimento referido nas escavações com recurso a explosivos.

No que se refere ao processo construtivo em escavações de grande a médio porte (com duas banquetas) o desmonte deverá ser iniciado a cerca de 5 metros da crista do talude, até se atingir a cota da banquetta, de modo a permitir a observação directa dos materiais ocorrentes e permitir introduzir eventuais correcções na geometria do talude ou nas obras de construção projectadas. Nestes casos o processo construtivo será pois, faseado.

Este procedimento só não será conseguido quando for incompatível com as soluções de contenção projectadas, ou quando o conhecimento do maciço o dispense, exigindo-se contudo a aprovação prévia da Fiscalização.

As operações de regularização e revestimento dos taludes serão descritas em 1.8.-*Taludes*.

1.2.3. ESCAVAÇÕES COM RECURSO A EXPLOSIVOS

Referem-se à execução das escavações dos materiais na linha ou em valas de grande secção, que exigem o recurso a explosivos no seu desmonte.

No desmonte dos maciços rochosos recorrendo a explosivos terá de ser utilizada a técnica do pré-corte, indispensável para garantir o corte do talude de forma correcta e de acordo com a geometria indicada. Este procedimento permite minimizar a propagação de vibrações ao maciço, e assim reduzir os efeitos da descompressão e os consequentes fenómenos de instabilidade. Para este fim deverá proceder-se à execução da furação segundo o plano teórico dos taludes, não devendo neste caso o afastamento dos furos ultrapassar 1,0 m.

Os métodos de desmonte, que devem ser submetidos à aprovação prévia da Fiscalização, e os planos de fogo devem ser concebidos em função das características geológicas do maciço. Devem ter em conta os seguintes aspectos:

- A escavação será preferencialmente feita mediante furos verticais e/ou paralelos ao talude a formar;
- Os furos paralelos ao talude para realização de pré-corte não devem apresentar desvios em relação à inclinação e direcção teóricos;
- A detonação será feita utilizando detonadores de microretardamento;
- O equipamento a adoptar terá que garantir um desvio inferior a 15 cm no pé do talude;
- O plano de fogo deve também ser ajustado de modo a que se obtenha um material de granulometria contínua e extensa, com vista à sua reutilização em aterros.

A quantificação dos volumes escavados e desmontados com recurso a explosivos será efectuada ao metro cúbico (m^3) a partir dos perfis transversais do projecto, de acordo com a metodologia definida no capítulo relativo a *medições*, sob pena de todos os materiais serem considerados como tendo sido desmontados com meios mecânicos.

Quando numa parte muito significativa dos volumes escavados do processo de desmonte e remoção com meios mecânicos, surgirem blocos com diâmetro superior a 0,8 m ou com volume superior a 0,5 m^3 , será necessário um trabalho complementar de demolição por taqueamento ou por recurso a martelos pesados, para a reutilização destes materiais na construção dos aterros. Considera-se que 30% deste material escavado (delimitado previamente com o acordo da Fiscalização e recorrendo à implantação de marcas no terreno que permitam a sua fácil aferição) foi desmontado com recurso a explosivos e os restantes 70% mecanicamente. Pretende-se assim ter em conta estes trabalhos suplementares de taqueamento, que em alguns materiais tem um peso considerável no processo posterior ao desmonte, mas que é indispensável à sua preparação para posterior reutilização na construção de aterros.

Este conceito aplica-se apenas aos materiais escavados com estas características que serão reutilizados na construção de aterros, pelo que a respectiva medição deverá ser alvo de uma análise final global, que se subordinará aos princípios definidos no capítulo relativo às *medições*, de modo a evitar que este “trabalho adicional” incida sobre materiais que eventualmente possam vir a ser conduzidos a vazadouro e que portanto dispensam estes trabalhos complementares.

1.2.4. EMPRÉSTIMOS

As zonas de empréstimo serão submetidas à apreciação e aprovação prévia da fiscalização.

A escavação será feita de modo a garantir a drenagem natural das águas. Após a sua execução os locais deverão ser compactados de modo a que se garanta um grau de compactação de 85% em relação ao ensaio Proctor Normal.

1.3. ESTRUTURA DOS ATERROS

Os aterros dividem-se em cinco zonas distintas cuja geometria será definida no projecto.

No caso de se ter procedido previamente aos trabalhos de decapagem ou saneamento, consideram-se também incluídas para além destas, as camadas que se situam abaixo do nível do terreno.

A **Parte Inferior do Aterro (PIA)** é a zona do aterro que assenta sobre a fundação, sendo na generalidade constituída pelas duas primeiras camadas do aterro e tendo normalmente uma espessura mínima de 1m. No caso de se ter procedido previamente aos trabalhos de decapagem, consideram-se também incluídas para além destas, as camadas que se situam abaixo do nível do terreno.

O **Corpo** é a parte do aterro compreendida entre a Parte inferior e a Parte Superior do Aterro.

O **Espaldar** é uma zona lateral do corpo do aterro que inclui os taludes, e que pode ocasionalmente ter função de maciço estabilizador.

A **Parte Superior do Aterro (PSA)** é a zona do aterro mais alta, com espessura da ordem de 1m, que inclui o Leito do Pavimento e sobre o qual este se apoia.

O **Leito do Pavimento** é a ultima camada constituinte do aterro, que se destina essencialmente a homogeneizar e manter a capacidade de suporte do pavimento, independentemente das flutuações do estado hídrico dos solos ocorrentes ao nível da plataforma. A curto prazo deverá ainda proporcionar o nivelamento da plataforma e uma capacidade de suporte suficiente para a execução do pavimento, independentemente das condições meteorológicas, protegendo os solos da plataforma face às intempéries. Além disso deverá garantir as condições de traficabilidade aos veículos da obra.

A Parte Superior do Aterro e o Leito do Pavimento constituem a fundação do pavimento.

Quando não for possível a estruturação do aterro com a inclusão de todas as zonas referidas anteriormente deverá excluir-se em primeira hipótese o corpo, ficando o aterro constituído pela PIA e PSA.

Nas situações em que o aterro seja de muito baixa altura ($h < 1,5m$), quando a retirada do corpo é insuficiente, poderá em segunda hipótese ser diminuída a espessura da PIA, ficando no limite o aterro constituído apenas pela PSA. Nestes casos, em zonas onde a fundação dos aterros é rochosa, a transição de solos é feita na PSA. Poderá eventualmente ser prevista no projecto a realização de uma sobreescavação para execução de mais camadas ou então para obter uma certa regularidade devido aos afloramentos rochosos.

O leito do pavimento nunca poderá ser retirado, pelas importantes funções que lhe são atribuídas.

1.4. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS A UTILIZAR EM ATERROS

1.4.1. DISPOSIÇÕES GERAIS

Os materiais a utilizar no aterro serão os definidos no projecto de terraplenagens, provenientes das escavações realizadas na obra ou então de empréstimos.

Do ponto de vista granulométrico podem classificar-se em: solos, materiais rochosos (enrocamento) e materiais do tipo solo-enrocamento. A sua escolha depende do projecto de terraplenagens.

Para satisfazer as exigências de estabilidade quase imediatas dos aterros, os materiais utilizáveis devem ter características geotécnicas que permitam atingir, logo após a sua colocação em obra, as resistências, em particular mecânicas, que garantam esta exigência. Deste modo para que possam ser correctamente espalhados e compactados, é necessário que:

- A dimensão máxima ($D_{máx}$) dos seus elementos permita o nivelamento das camadas e que a sua espessura seja compatível com a potência dos cilindros utilizados;
- O respectivo teor em água natural (W_{nat}) seja adequado as condições de colocação em obra;
- Os solos ou materiais a utilizar estejam isentos de ramos, folha, troncos, raízes, ervas, lixo ou quaisquer detritos orgânicos;
- A dimensão máxima dos elementos dos materiais a aplicar será, em regra, não superior a $2/3$ da espessura da camada, uma vez compactada.

Os materiais a utilizar na **Parte Inferior dos Aterros** devem ser preferencialmente insensíveis à água sobretudo quando houver possibilidade de inundação e/ou encharcamento dos terrenos adjacentes.

Na construção do **Corpo** dos aterros poderão ser utilizados todos os materiais que permitam a sua colocação em obra em condições adequadas, que garantam e assegurem por um lado a estabilidade da obra, e simultaneamente, que as deformações pós construtivas que se venham a verificar sejam toleráveis a curto e longo prazo para as condições de serviço.

Na **Parte Superior dos Aterros** devem ser utilizados os materiais de melhor qualidade, de entre os provenientes das escavações e/ou empréstimos utilizados.

Na zona dos **Espaldares** devem ser utilizados materiais compatíveis com a geometria de taludes projectada, de modo a evitar riscos de instabilidade e/ou erosão.

Quando por razões económicas e/ou ambientais, for imprescindível reutilizar na construção de aterros solos coerentes (finos e sensíveis à água) com elevados teores em água no seu estado natural, poder-se-á recorrer a técnicas de tratamento (“in situ” ou em central) com cal ou com cimento, por forma a garantir condições de traficabilidade aos equipamentos e atingir as condições exigíveis para a sua colocação em obra.

Os materiais resultantes das escavações na linha ou de empréstimo e não reutilizáveis são os indicados no projecto de terraplenagem, ou os que obedecem às seguintes condições:

- Lixo ou detritos orgânicos;
- Argilas com $IP > 50\%$;
- Materiais com propriedades físicas ou químicas indesejáveis, que requeiram medidas especiais para escavação, manuseamento, armazenamento, transporte e colocação;
- Turfa e materiais orgânicos provenientes de locais pantanosos.

1.4.2. ATERROS COM SOLOS

O aterro com solos é definido neste caderno de encargos como terrapleno.

Segundo o presente Caderno de Encargos os **solos** são materiais que cumpram a seguinte condição granulométrica:

- Material retido no peneiro 19mm (3/4”) ASTM..... ≤30%

A sua utilização no seu estado natural exige que sejam observadas a seguintes condições relativas ao teor em água:

Solos incoerentes: $0,8 w_{\text{opt}} \leq w_{\text{nat}} \leq 1,2 w_{\text{opt}}$

Solos Coerentes: $0,7 w_{\text{opt}} \leq w_{\text{nat}} \leq 1,4 w_{\text{opt}}$

w_{opt} – teor em água ótimo referido ao ensaio de Proctor Modificado;

w_{opt} – teor em água referido ao ensaio de Proctor Normal.

Quando não se verifique este requisito para solos coerentes, poder-se-à recorrer a técnicas de tratamento com cal e/ou cimento. Os solos incoerentes ser objecto de rega ou arejamento, conforme a situação.

A possível utilização de solos em função da zona do aterro em que serão aplicados deverá obedecer às regras do **Quadro 1**, que se baseiam na classificação unificada de solos contida na especificação ASTM D2487.

Quadro 1 – Classes de Solos

Classe	CBR (%)	Tipo de solo	Descrição	Reutilização		
				P I A	Corpo	P S A
S0	<3	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos de baixa plasticidade (1)	N	N	N
		OH	Argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; Siltes orgânicos (2)	N	N	N
		CH	Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas (3)	N	N	N
		MH	Siltes micáceos e inorgânicos não expansivos; areias finas micáceas	N	P	N
S1	≥3 a	OL	Idem (1)	N	S	N
		OH	Idem (2)	N	S	N
		CH	Idem (3)	N	S	N
		MH	Idem (4)	N	S	N
S2		CH	Idem (3)	N	S	N
		MH	Idem (4)	N	S	N
	≤5 a	CL	Argila inorgânica de plasticidade baixa a média; argilas com seixo; argilas arenosas; argilas siltosas; argilas magras	N	S	N
	<10	ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas; areias finas, siltosas ou argilosas; siltes argilosos de baixa plasticidade	N	S	N
		SC	Areia argilosa; areia argilosa com cascalho (5)	S	S	N
S3	≤10 a	SC	Idem (5)	P	S	S
		SM d	Areia siltosa; areia siltosa	P	S	S
		SM u		P	S	N
	<20	SP	Areias mal graduadas; Areias mal graduadas com	S	S	S
S4	≤20 a	SW	Areias bem graduadas; Areias bem graduadas com	S	S	S
		GC	Cascalho argiloso; Cascalho argiloso com areia	S	S	S
		GM	Cascalho siltoso; Cascalho siltoso com areia (6)	P	S	P
		GP	Cascalho mal graduado; Cascalho mal graduado com	S	S	S
		GM-D	Idem (6)	S	S	S
S5	≥40	GP	Idem (7)	S	S	S
		GW	Cascalho bem graduado; Cascalho bem graduado com	S	S	S

S – admissível; N – não admissível; P – possível

PIA – parte inferior do aterro

PSA – parte superior do aterro

Sendo assim, a utilização dos diversos tipos de solos no seu estado natural, em função da zona do aterro em que irão ser aplicados, deverá obedecer genericamente às seguintes regras gerais:

- Na PIA devem de preferência ser utilizados solos pouco sensíveis à água, pertencentes às classes **S2, S3, S4 e S5** previstas no **Quadro 1**. Sempre que os aterros se localizem em zonas muito húmidas ou inundáveis, ou integrem camadas drenantes, estas e/ou a PIA, devem ser construídas com materiais com menos de 5% de passados no peneiro 0,074 mm (nº 200) ASTM;
- No corpo dos aterros podem ser utilizados os solos de pior qualidade;
- Não é permitida a utilização de materiais rochosos (enrocamento) para a conclusão da construção de terraplenos. É proibido o recurso a técnicas de “sandwich” (utilização de materiais diferentes alternadamente e de forma contínua) de modo a poder garantir-se um comportamento uniforme e contínuo do aterro;
- Na PSA, numa espessura entre 40 e 85 cm, devem utilizar-se os solos com melhores características geotécnicas. De preferência aqueles materiais devem satisfazer simultaneamente as classes **S2, S3, S4 e S5**, do Quadro 1 e aos grupos **A-1, A-2 e A-3** da Classificação Rodoviária.

1.4.3. ATERROS COM SOLOS TRATADOS COM CAL E/ OU LIGANTES HIDRÁULICOS

Quando as condições económicas e/ou ambientais do projecto o exijam ou aconselhem, os solos coerentes húmidos podem ser reutilizados recorrendo para o efeito a técnicas de tratamento “in situ” ou em central, satisfazendo as condições previstas para os solos a tratar e para a mistura.

A utilização desta técnica pode ser aplicada a parte do aterro ou à sua totalidade, função das características geotécnicas dos materiais disponíveis e das condições gerais e a particulares da obra, desde que os materiais satisfaçam a condição de $D_{máx} \leq 250\text{mm}$.

Quando a sua utilização for restrita a zonas ou fases da obra, a aplicação desta técnica poderá decorrer da observação da ocorrência de rodeiras com 10 a 20 cm de profundidade à passagem do tráfego da obra. É o caso em que os materiais para aterro se apresentem em condições impossíveis de prever no projecto, por exemplo com teores em água particularmente desfavoráveis.

Esta técnica é particularmente adequada, em presença destes solos, para:

- Melhoramentos das características geotécnicas da PSA;
- Construção de aterros de acesso difícil, denominados de aterros técnicos e cuja geometria não permita que os equipamentos de espalhamento e compactação operem em condições normais;
- Construção da PIA em zonas potencialmente inundáveis;
- Espaldares de aterros zonados com solos coerentes e com taludes de forte inclinação.

1.4.3.1. A cal

A cal a utilizar no tratamento de solos será a cal viva (em situações particulares cal apagada). Pode ser utilizada em pó ou sob forma de leitada, no caso de teores em águas naturais dos solos abaixo do óptimo, determinado pelo ensaio de compactação pesada.

O teor mínimo em óxidos de cálcio e magnésio será de 80% em peso quando determinado de acordo com as especificações LNEC E 340 – “Cimentos. Determinação do teor em óxido de cálcio.” e E341- “Cimentos. Determinação do teor em óxido de magnésio.”

O teor em anidrido carbónico será inferior a 5%.

A análise granulométrica, por via húmida, deverá fornecer as seguintes percentagens acumuladas mínimas, relativamente ao peso seco:

- Passada no peneiro ASTM nº 20 (0,840mm) 100
- Passada no peneiro ASTM nº 100 (0,150mm) 95
- Passada no peneiro ASTM nº 200 (0,074mm) 85

A superfície específica deverá ser determinada de acordo com a especificação LNEC E 65-80.

1.4.3.2. O cimento

O cimento a utilizar no tratamento de solos será do tipo II classe 42,5, satisfazendo às Definições, classes de resistência e características da NP EN 197-1:2001 – “*Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.*”, suas emendas NP EN 197-1:2001/A1:2005 e NP EN 197-1:2001/ A 3:2008 e posteriores emendas que sejam publicadas. “e às prescrições para o Fornecimento e Recepção dos Cimentos especificadas na NP 4435 e NP EN 197-1. Terão obrigatoriamente marcação CE.

1.4.3.3. Características gerais dos solos a tratar e da mistura

A utilização de solos coerentes tratados com cal e/ou ligantes hidráulicos na construção de aterros pressupõe a satisfação das seguintes características dos solos naturais (iniciais) e das misturas (finais), com o objectivo de proporcionar condições de traficabilidade e de colocação em obra da mistura obtida. No quadro 2 são indicados os valores de CBR admitidos.

Quadro 2 – Valores de CBR dos solos a tratar e da mistura

Classe do solo	CBRim (inicial)	CBRim (final)
S0	<3	5
S1	3 a 5	5 a 15
S2	5 a 8	7 a 20

NOTA: CBR imediato – 95% Proctor normal e para o W natural

1.4.4. ATERROS COM MATERIAIS ROCHOSOS

Os materiais rochosos, para reutilização na construção de aterros, podem ser caracterizados com vista à determinação das suas características de resistência, fragmentabilidade e alterabilidade. Podem considerar-se divididos nos seguintes grupos:

A – Rochas sedimentares

A.1 – Rochas Carbonatadas (Calcários)

- a) $LA > 45$ Calcários duros
- b) $LA > 45$ e $\gamma > 18 \text{ kN/m}^3$ Calcários de densidade média
- c) $\gamma < 18 \text{ kN/m}^3$ Calcário Fragmentável

A.2 – Rochas Argilosas (Margas, Xistos Sedimentares, Argilitos)

- a) $FR < 7$ e $ALT < 20$ Rochas argilosas pouco fragmentáveis e de degradabilidade média
- b) $FR > 7$ Rochas argilosas fragmentáveis
- c) $FR > 7$ e $ALT > 20$ Rochas argilosas pouco fragmentáveis e muito degradáveis

A.3 – Rochas Siliciosas (Grés, “Pudins” e Brechas)

- a) $LA > 45$ Rochas siliciosas duras
- b) $LA > 45$ e $FR < 7$ Rochas siliciosas de dureza média
- c) $FR > 7$ Rochas siliciosas fragmentáveis

B – Rochas magmáticas e metamórficas

- a) $LA < 45$ Rochas duras
- b) $LA > 45$ e $FR < 7$ Rochas de dureza média
- c) $FR > 7$ Rochas fragmentáveis ou alteráveis

NOTA:

γ – Peso volúmico

LA – percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles (Gran. E)

FR – índice de fragmentabilidade (NF P 94-066)

ALT – índice de alterabilidade (NF P 94-067)

Para efeito deste Caderno de Encargos Pedrapleno é todo o aterro com materiais rochosos (enrocamento) de boa qualidade. São excluídos os materiais da classe **A.1 c); A.2; A.3; E B c)** definidos interiormente e que normalmente apresentam valores de resistência à compressão inferiores a 30 MPa.

Os materiais rochosos serão resultantes das escavações. Deverão ser homogêneos, de boa qualidade, isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nociva, obedecendo às seguintes características:

Granulometria:

O material terá uma granulometria contínua e cumprirá as seguintes condições granulométricas:

- Percentagem passada no peneiro de 25 mm (1") ASTM, máxima 30%
- Percentagem passada no peneiro de 0.074 mm (nº 200) ASTM, máxima 12%
- Dimensão máxima dos blocos (D_{máx}) não superior a 2/3 da espessura da camada depois de compactada ou a 0,8 m.

Forma das partículas:

A percentagem, em peso, das partículas lamelares ou alongadas será inferior a 30 %.

Para o efeito, consideram-se partículas lamelares ou alongadas as que apresentem uma máxima dimensão superior a 3 vezes a mínima.

Nos aterros de grande porte ($H \leq 20$ m, sendo H a maior das alturas do aterro sob a plataforma) terão de ser verificadas em obra, as características admitidas em projecto para as propriedades – índice:

- Compressão simples
- Compressão por carga pontual ("Point Load Test")
- Porosidade
- Massa volúmica
- Expansibilidade

Deve ainda ser dada particular importância à resistência ao esmagamento, ao desgaste em meio húmido ("Slake Durability Test"), ao desgaste de Los Angeles e à deformação unidimensional dos materiais a utilizar de modo a serem confirmados os pressupostos de projecto. Esta verificação deve ser feita após a execução do aterro experimental e antes do início da construção.

No caso dos pressupostos do projecto não se verificarem, devem ser introduzidos os ajustamentos e/ou correcções necessários.

Na PIA construída com aterros de enrocamento e nos respectivos espaldares devem ser utilizados materiais pouco sensíveis à água, (não colapsáveis - **A.1 a) e b); A.3 a) e b) e B a) e b**, de dureza alta ou média e não fragmentáveis, compatíveis com as condições de utilização). Nestas zonas não é permitida, em princípio, a utilização de materiais de enrocamento provenientes de rochas argilosas fragmentáveis e alteráveis (evolutivas – **A.2**). Quando tal não for possível de evitar, os blocos devem ser demolidos até à menor dimensão possível e a PIA deve ser defendida dos efeitos da molhagem por obras de drenagem adequadas. Os espaldares deverão ser revestidos com terra vegetal à medida que a construção vai avançando de modo a minimizar o tempo de exposição dos materiais à acção dos agentes atmosféricos.

No caso dos aterros zonados devem ser utilizados, nos espaldares, os materiais de enrocamento de melhor qualidade.

Na PSA deverão ser utilizados materiais que permitam fazer a transição entre os utilizados no Corpo do Aterro e os do Leito do Pavimento. Este objectivo pode ser conseguido à custa da utilização dos materiais de menor granulometria provenientes do próprio desmonte dos materiais rochosos.

Apenas é permitida a utilização de solos na PSA se a altura do aterro a construir sobre o pedrapleno for superior a 1,50m.

1.4.5. ATERROS COM MATERIAIS SOLO-ENROCAMENTO

São considerados materiais com características de solo-enrocamento os materiais de granulometria contínua e que ainda obedeçam às seguintes condições granulométricas:

- Material retido no peneiro de 19mm (3/4") ASTM compreendido entre 30% e 70%;
- Material passado no peneiro 0,0075 mm (nº 200) ASTM compreendido entre 12% e 40%;
- Dimensão máxima dos blocos ($D_{máx}$) inferior a 2/3 da espessura da camada depois de compactada ou a 0,40 m.

Estes materiais, constituídos da mistura de solos com rocha e normalmente resultantes do desmonte de rochas brandas deverão obedecer na perspectiva da sua reutilização às especificações exigidas para cada fracção, rocha ou solo, referidas nos pontos anteriores.

No caso dos aterros de grande porte ($H \leq 15$ m, sendo H a maior das alturas do aterro sob a plataforma) terão de ser verificadas em obra, as características admitidas em projecto para as propriedades – índice:

- Compressão simples;
- Compressão por carga pontual ("Point Load Test");
- Porosidade;
- Massa volúmica;
- Expansibilidade.

Deve ainda ser dada particular importância à resistência ao esmagamento, ao desgaste em meio húmido ("Slake Durability Test"), ao desgaste de Los Angeles e à deformação unidimensional dos materiais a utilizar de modo a serem confirmados os pressupostos de projecto. Esta verificação deve ser feita após a execução do aterro experimental e antes do início da construção.

No caso de os pressupostos do projecto não se verificarem, devem ser introduzidos os ajustamentos e/ou correcções necessários.

1.4.6. ATERROS ZONADOS

Designam-se por aterros zonados os aterros que utilizam na sua construção vários materiais com as características e a localização definidas no respectivo projecto. Como exemplo pode referir-se: os aterros em que o corpo é constituído por materiais do tipo solo-enrocamento e os espaldares por materiais de enrocamento; e os aterros em que o corpo é constituído por solos e os espaldares por solos tratados.

Deverão ser cumpridas, conforme o tipo de material adoptado, as especificações estipuladas em 1.4 - Características dos materiais de aterro, de acordo com o tipo de solo utilizado.

1.4.7. ATERROS COM MATERIAIS EVOLUTIVOS

Os materiais evolutivos resultam do desmonte de rochas evolutivas, nomeadamente as rochas argilosas como as margas e alguns xistos (classe A-2- 1.4.4). Estes materiais têm a particularidade de sofrerem alterações das suas características físico-químicas e mecânicas durante a colocação em obra e posteriormente durante o período de serviço.

Um dos aspectos mais relevantes é a alteração da sua granulometria e das suas características mecânicas quando sujeitos às acções dos agentes climáticos em condições de serviço, que após a construção poderá originar assentamentos significativos nos aterros e a consequente deformação dos pavimentos.

Em 1.6 – Processos construtivos para execução de aterros serão descritos os processos construtivos específicos para estes materiais de modo a serem evitados problemas.

1.4.8. ATERROS TÉCNICOS

Designam-se por “aterros técnicos” os aterros a realizar em zonas de difícil acesso, onde não é possível que o equipamento correntemente utilizado no espalhamento e compactação dos materiais de aterro opere normalmente. Podem considerar-se, entre outros, os aterros junto a encontros de obras de arte ou a outro tipo de estruturas enterradas e os aterros junto a muros de suporte.

Os materiais a utilizar na sua construção deverão satisfazer o especificado em 1.7.1 – Materiais para leito do pavimento e em 1.4.3. – Características dos materiais em aterros com solos tratados com cal e/ou cimento.

Nos casos de estruturas enterradas de pequeno diâmetro, desde que a altura do aterro sobre a estrutura não seja inferior a três vezes “d” (diâmetro ou lado), poderão ser utilizados em alternativa os materiais das classes **S2, S3 e S5**, referidos em 1.4.2 – *Aterros com solos*, no quadro 1.

1.5. MELHORAMENTOS EM FUNDAÇÕES DOS ATERROS E EM TALUDES DE ESCAVAÇÃO

1.5.1. GEOTÊXTEIS COM FUNÇÃO DE SEPARAÇÃO E/OU FILTRO E/OU REFORÇO

1.5.1.1. Características dos materiais

Os geotêxteis a aplicar na obra, em terraplenagem ou com outras funções, deverão ser submetidos à aprovação da Fiscalização, acompanhados de certificados de origem e ficha técnica, bem como dos resultados do controlo de fabrico e referência de obras em que tenha sido aplicado com idênticas funções.

Nenhum tipo de geotêxtil poderá ser aplicado em obra sem a prévia aprovação da Fiscalização, pelo que o seu estudo deverá ser apresentado com, pelo menos, um mês de antecedência.

Deverá ser imputrescível, insensível à acção de ácidos ou bases e inatacável por microorganismos ou insectos e possuir as características mínimas estipuladas para as funções a que se destinam, definidas no projecto.

O material deverá apresentar textura e espessura homogêneas, sem defeitos, devendo ser protegido, aquando do armazenamento, dos raios solares, de sais minerais e de poeiras, chuva ou gelo.

No caso de ter havido deficiência no transporte, armazenamento ou manuseamento, ter-se-ão de eliminar as primeiras espiras do rolo com defeito.

Todas as características do geotêxtil deverão ser fixadas no projecto em função das condições de obra.

No caso dos geotêxteis a usar em terraplenagens, as suas características não devem todavia ser inferiores às características mínimas a seguir indicadas, a não ser que o seu dimensionamento demonstre claramente ser aconselhável, para aquelas condições específicas, adoptar outros valores.

Geotêxteis com função de separação e/ou filtro:

Independentemente do estudo que deva ser realizado para cada caso particular, preconiza-se que as características mínimas e máximas dos geotêxteis a utilizar na base de aterros sejam as seguintes:

a) Solos de fundação com coesão não drenada ($C_u > 25$ kPa):

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima 10 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima 25 %
- Resistência ao punçoamento (EN ISO 12236) 1,5 kN
- Resistência ao rasgamento, mínimo 300 N
- Permissividade (prEN 12040), mínima 0,1 s-1
- Porometria (O90) (Via húmida/Téc. LNEC), máxima 200 μ m

b) Solos de fundação muito compressíveis ($C_u < 25$ kPa)

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima 15 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima 40 %
- Resistência ao punçoamento (EN ISO 12236) 1,5 kN
- Resistência ao rasgamento, mínimo 300 N
- Permissividade (prEN 12040), mínima 0,2 s-1
- Porometria (O90) (Via húmida/Téc. LNEC), máxima 150 μ m

Materiais a aplicar sobre os geotêxteis:

Os materiais a aplicar sobre geotêxtil com função de separação, na parte inferior do aterro, serão isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas, obedecendo ainda às seguintes características mínimas:

- Dimensão máxima 150 mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM $\leq 5\%$
- Limite de liquidez $\leq 25\%$
- Índice de plasticidade $\leq 6\%$
- Equivalente de areia $\geq 20\%$

Materiais a aplicar na camada drenante sobrejacente ao geotêxtil:

O material a aplicar sobre geotêxteis com a finalidade de constituir uma camada drenante sob aterros, para escoamento das águas resultantes do processo de consolidação de formações aluvionares muito compressíveis, deverá ser de qualidade uniforme, isento de matéria orgânica ou de outras substâncias prejudiciais e obedecer às seguintes características mínimas:

Areia:

- Granulometria de dimensões nominais 0,075 / 6 mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM $\leq 6\%$
- Equivalente de areia $\geq 70\%$

Material rochoso:

- Dimensão máxima 150 mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM $\leq 5\%$
- Equivalente de areia $\geq 60\%$
- Desgaste de Los Angeles (Granul.F) $\leq 50\%$

1.5.1.2. Processos construtivos

Na construção de aterros sobre terrenos que não suportem o peso do equipamento, a camada inferior, com a espessura mínima de 0,50m, será construída, de preferência, com materiais granulares não plásticos, e assente sobre geotêxteis, com as características definidas em 1.5.1.1- Características dos geotêxteis. O geotêxte será aplicado, em princípio, segundo a direcção longitudinal, com uma sobreposição mínima de 0,30 ou 0,50 m em zonas com baixa capacidade de suporte ou preferenciais de tráfego de obra.

Em zonas localizadas, devido a uma muito baixa capacidade de suporte do solo de fundação, e caso o projecto não defina nada em contrário, poderá haver necessidade de aumentar a sobreposição do geotêxtil para 1,0 m e/ou aplicá-lo transversalmente ao avanço dos trabalhos.

Sempre que as condições locais o aconselhem, designadamente quando o geotêxtil tiver de ser aplicado debaixo de água, poderá recorrer-se a outros processos de ligação, nomeadamente a cosedura ou soldadura, desde que autorizado previamente pela Fiscalização.

Quando a área onde irão ser aplicados geotêxteis, independentemente da função que se pretende que desempenhem, reforço, filtro e/ou separação, seja superior a 10.000 m², o adjudicatário fornecerá à fiscalização um plano de execução dos trabalhos envolvidos, contendo as seguintes informações mínimas:

- Comprimento, largura, diâmetro e peso dos rolos;
- Condições de armazenamento;
- Tipo de ligação dos geotêxteis que se propõe executar;
- Tipo e características dos equipamentos.

Uma vez estendido o geotêxtil, é interdita a circulação de equipamento pesado da obra (como por exemplo bulldozers, pás mecânicas, dumpers ou compactadores) enquanto não for espalhada a camada especificada para seu recobrimento.

O transporte do material de recobrimento será efectuado por camiões basculantes, que se aproximarão sempre em "marcha-atrás", de forma a não pisar o geotêxtil, e que devem evitar fazer manobras direccionais que possam originar eventuais deslocamentos do geotêxtil.

Nestes casos e durante a execução do aterro, e até que este atinja a altura de 1,0 m, o tráfego de obra deverá efectuar-se a uma distância mínima de 2,0 m do limite da plataforma e/ou do bordo do geotêxtil.

A construção do aterro a partir da primeira camada aplicada sobre o geotêxtil, far-se-á por camadas devidamente compactadas, conforme o especificado.

A circulação directa do equipamento será limitada em função da sua natureza e características, bem como do tipo e peso do equipamento.

Quando não se trate do caso de baixas aluvionares muito compressíveis e em alternativa ao recurso a geotêxteis com a finalidade de proporcionar condições de trafegabilidade ao equipamento, poder-se-ão utilizar, materiais rochosos do tipo enrocamento, devendo, contudo, para o efeito, obter-se a concordância da Fiscalização.

Na construção de aterros sobre baixas aluvionares compressíveis pouco importantes e não previstas no projecto, adoptar-se-ão as recomendações estipuladas para o caso dos terrenos que não suportem o peso do equipamento.

1.5.2. DRENOS VERTICAIS

1.5.2.1. Características dos materiais

Areia

A areia a utilizar nos drenos verticais de areia deverá obedecer às seguintes características:

- Granulometria de dimensões nominais 0,075/ 6mm
- Percentagem de material passado no peneiro nº 200 ASTM $\leq 6\%$
- Equivalente de areia $\geq 70\%$

Geodrenos

As especificações dos geodrenos (com núcleo de plástico) a utilizar para aceleração do processo de consolidação de solos, deverão encontrar-se definidos no projecto, obedecendo às seguintes características mínimas:

- Largura 100mm
- Capacidade de descarga $1,0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- Permeabilidade do filtro 10^{-4} m/s

1.5.2.2. Processos construtivos

Drenos de areia:

A posição e espaçamento dos geodrenos serão o definido em projecto.

Os furos serão feitos por sonda rotativa ou cravação de tubo metálico obturado na base e que é cravado até à profundidade definida em projecto.

De seguida o tubo deverá ser extraído à medida que se colocam quantidades sucessivas de areia no seu interior. A areia é compactada e comprimida contra o terreno.

Geodrenos:

A posição e espaçamento dos geodrenos serão o definido em projecto.

O geodreno deverá ser posicionado no interior de uma haste metálica sendo conectado a uma âncora para evitar a penetração de solo no interior da haste e garantir a fixação do dreno no terreno final da cravação.

Posteriormente a haste metálica é retirada e o geodreno fica inserido no terreno.

Deverão ser seguidas todas as recomendações do fabricante.

1.5.3. POÇOS/ESTACAS DE BRITA

1.5.3.1. Características dos materiais

Os materiais a utilizar na construção de poços/ estacas de brita deverão ser obtidos de material rochoso britado dos grupos A1 a), A3 a) e B a).

Deverão ainda obedecer às seguintes características:

- Granulometria de dimensões nominais 40/60mm
- Percentagem de material passado no peneiro 200 AST M ≤5%
- Equivalente de areia ≤40%
- Desgaste de Los Angeles (Gran. F) ≤40%

1.5.3.2. Processos construtivos

A escavação deverá ser realizada de acordo com o descrito nas obras acessórias em *abertura de valas*.

As valas a revestir com um geotêxtil filtrante deverão estar bem alisadas, quer no fundo quer lateralmente, de modo a que o geotêxtil encoste às paredes e ao fundo da vala, evitando-se sempre o estabelecimento de “pontes” sobre cavidades do solo, ou situações em que o geotêxtil venha a ser ferido por rochas salientes. O geotêxtil deve ser colocado de maneira a ficar liso mas sem ficar sob tensão e deverá ser seguro com grampos; as eventuais sobreposições deverão ser de 0,30 m e também fixadas por grampos. Os grampos poderão ser constituídos por ferros de aço com $\varnothing 6$ mm e 30 cm de comprimento, dobrados em três segmentos iguais.

O enchimento da vala será feito com os materiais para cada caso especificados em *1.5.3.1.- Características dos materiais para poços/estacas de brita*.

A aplicação deve ser feita por camadas com 0,15 m de espessura, na sua compactação recorrer-se-á a placas vibrantes ou a cilindros vibradores de pequeno formato com carga estática por unidade de comprimento de geratriz vibrante não excedendo 15kg/cm.

O material drenante de enchimento deverá ser vertido com precaução suficiente para não deslocar o geotêxtil da sua posição, nem danificar o tubo.

Para facilitar aquela operação e também para minimizar o consumo de grampos, poderá fixar-se o geotêxtil ao longo dos bordos da vala introduzindo barras de aço de contraventamento transversal, apoiadas em pequenas placas de madeira para não ferir o geotêxtil.

As barras terão a secção mínima compatível com o desempenho das suas funções, com vista a não perturbar o processo de enchimento da vala, sendo retiradas quando este estiver quase concluído.

Superiormente, a sobreposição das abas do geotêxtil deve ser igual ou superior a 0,30 m e fixada por grampos.

1.5.4. VALAS/TRINCHEIRAS DRENANTES

1.5.4.1. Características dos materiais

O material a utilizar na construção de valas/trincheiras drenantes deve ser material rochoso e obedecer às seguintes características:

- Percentagem de material passado no peneiro 200 AST M $\leq 5\%$
- Granulometria das dimensões nominais 100 a 250 mm
- Desgaste de Los Angeles (Gran. F) $\leq 40\%$

Os geotêxteis a empregar no envolvimento das valas/ trincheiras drenantes devem ter as seguintes características mínimas e máximas:

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima 10 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima 20%
- Resistência ao punçoamento (EN ISO 12236)..... 2N
- Permissividade (prEN 12040), mínima..... 1,0 s-1
- Porometria (O90) (Via húmida/Téc. LNEC), máxima 200 μm

1.5.4.2. Processos construtivos

A escavação deverá ser realizada de acordo com o descrito nas obras acessórias em *abertura de valas*.

As valas a revestir com um geotêxtil filtrante deverão estar bem alisadas, quer no fundo quer lateralmente, de modo a que o geotêxtil encoste às paredes e ao fundo da vala, evitando-se sempre o estabelecimento de “pontes” sobre cavidades do solo, ou situações em que o geotêxtil venha a ser ferido por rochas salientes. O geotêxtil deve ser colocado de maneira a ficar liso mas sem ficar sob tensão e deverá ser seguro com grampos; as eventuais sobreposições deverão ser de 0,30 m e também fixadas por grampos. Os grampos poderão ser constituídos por ferros de aço com $\phi 6$ mm e 30 cm de comprimento, dobrados em três segmentos iguais. O material drenante de enchimento deverá ser vertido com precaução suficiente para não deslocar o geotêxtil da sua posição, nem danificar o tubo.

Para facilitar aquela operação e também para minimizar o consumo de grampos, poderá fixar-se o geotêxtil ao longo dos bordos da vala introduzindo barras de aço de contraventamento transversal, apoiadas em pequenas placas de madeira para não ferir o geotêxtil.

Quando definido em projecto deverá ser colocado um tubo longitudinal perfurado para servir de dreno colector de água. Este será colocado no sentido ascendente com as pendentes e alinhamentos definidas no projecto. Deverá ter na saída uma caixa de dissipação para evitar a formação de processos erosivos.

O enchimento da vala será feito com os materiais especificados em 1.5.4.1. – *Características dos materiais para valas/trincheiras drenantes* até a cota definida no projecto.

A aplicação deve ser feita por camadas com 0,15 m de espessura, na sua compactação recorrer-se-á a placas vibrantes ou a cilindros vibradores de pequeno formato com carga estática por unidade de comprimento de geratriz vibrante não excedendo 15kg/cm.

Devem ser tomados cuidados para não danificar os tubos ou alterar a sua posição.

Uma vez concluído o enchimento, a vala será protegida de forma temporária ou permanente com material impermeável para impedir arrastes superficiais e penetrações de água até que seja executado o aterro.

1.5.5. MÁSCARAS E ESPORÕES DRENANTES PARA TALUDES DE ESCAVAÇÃO

1.5.5.1. Características dos materiais

Os materiais a utilizar na construção de máscaras e esporões drenantes deverão ser obtidos de material rochoso britado dos grupos A1 a), A3 a) e B a).

Deverão ainda obedecer às seguintes características:

Máscaras – granulometria de dimensões nominais	100/500mm
Esporões – granulometria de dimensões nominais.....	100/200mm
Percentagem de material passado no peneiro 200 ASTM	≤5%
Desgaste de Los Angeles (Gran. F)	≤40%

1.5.5.2. Processos construtivos

O revestimento do talude deve ser feito com o enrocamento previsto e arrumado à mão.

A máscara drenante deve ser revestida nas duas faces de geotêxtil com características filtrantes.

Deve evitar-se sempre o estabelecimento de “pontes” sobre cavidades do solo, ou situações em que o geotêxtil venha a ser ferido por rochas salientes. O geotêxtil deve ser colocado de maneira a ficar liso mas sem ficar sob tensão e deverá ser seguro com grampos. As eventuais sobreposições deverão ser de 0,30 m e também fixadas por grampos.

Os grampos poderão ser constituídos por ferros de aço com $\phi 6$ mm e 30 cm de comprimento, dobrados em três segmentos iguais.

A sobreposição das abas do geotêxtil deve ser igual ou superior a 0,30 m e fixada por grampos.

1.6. PROCESSOS CONSTRUTIVOS PARA A EXECUÇÃO DE ATERROS

1.6.1. DISPOSIÇÕES GERAIS PARA TODOS OS TIPOS DE ATERROS

Não é permitido o início da construção de aterros sem que previamente a Fiscalização tenha inspecionado os trabalhos preparatórios, aprovado a área respectiva, verificado se o equipamento é o mais adequado e se estão instalados em obra todos os meios de controlo laboratorial necessários.

Em zonas com afloramentos rochosos, designadamente quando ocorrerem à superfície blocos de dimensões consideráveis – disjunções esféricas – que condicionam o espalhamento e a compactação das camadas, há que promover a sua remoção ou a sua demolição caso se pretenda reutilizar o respectivo material na construção do aterro. Nestas zonas ou quando os afloramentos rochosos ocorrentes sejam do tipo “laje” estes devem ser demolidos ou fracturados, de preferência criando degraus, de modo a garantir adequadas condições de fundação às primeiras camadas do aterro.

Na preparação da base onde assentam os aterros (fundação), deverá ter-se em atenção que sempre que existam declives, deverá dispor-se a superfície em degraus, de forma a assegurar a ligação adequada entre o material de aterro e o terreno natural. A altura dos degraus não deve em geral ser inferior à espessura de duas camadas. Esta operação é particularmente importante em traçados de meia encosta, que só devem ser executados após terem sido removidos todos os materiais de cobertura, em particular depósitos de vertente ou solos com aptidão agrícola.

Não é aconselhável a colocação, em camadas de aterro, de materiais com várias proveniências ou características geotécnicas diferentes, tendo em vista garantir por um lado a representatividade do controlo de qualidade e por outro garantir que o aterro tenha um comportamento homogéneo. Tal facto obrigará o Adjudicatário a efectuar uma adequada gestão dos materiais. Quando tal não for possível ao longo de toda a camada, há que garantir a utilização do mesmo material em toda a largura da plataforma dando portanto primazia ao sentido transversal em detrimento do sentido longitudinal.

O teor em água dos solos antes de serem iniciadas as operações de compactação deve ser tão próximo quanto possível do teor óptimo determinado no ensaio de compactação utilizado como referência, não devendo diferir dele mais do que 20% do seu valor. Quando tal se verificar devem ser alvo de humedificação ou arejamento após espalhamento e antes da compactação. A utilização de outros procedimentos, nomeadamente o tratamento com cal no caso de solos coerentes, exigirá a aprovação prévia da Fiscalização.

No caso de solos coerentes (equivalente de areia inferior a 30%), a compactação relativa de solos nos aterros, referida ao ensaio de compactação pesada (Proctor modificado), deve ser, neste caso de pelo menos 90% no corpo do aterro e 95% na PSA.

Quando os solos coerentes se apresentarem muito húmidos ($W_{nat} > 1,4 W_{opt}$), reagindo à passagem do tráfego da obra com o designado efeito de “colchão”, os valores da compactação relativa acima referidos devem ser reportados ao ensaio Proctor Normal, quer se tratem de solos no seu estado natural ou tratados com cal, exigindo-se para a sua obtenção uma redução da energia de compactação. Neste tipo de materiais devem ser utilizados preferencialmente cilindros pés-de-carneiro.

No caso de solos incoerentes (equivalente de areia superior a 30%), os valores de referência reportados ao ensaio Proctor Normal, devem ser aumentados para 95% no corpo do aterro, garantindo-se 100% na PSA.

Quando os materiais utilizado forem do tipo enrocamento ou solo-enrocamento, os parâmetros de referência para avaliar as condições de execução, devem ser obtidos a partir das conclusões dos aterros experimentais e dos correspondentes ensaios de laboratório.

Os aterros com solos ou com materiais do tipo solo-enrocamento têm sempre que ser construídos de forma a darem perfeito escoamento as águas. O declive transversal a adoptar não deve ser inferior a 6%.

No fim de cada dia de trabalho não devem ficar materiais por compactar, mesmo no caso em que uma camada tenha sido escarificada para perda de humidade e não se tenha alcançado o objectivo pretendido. Nestes casos a camada deve ser compactada no dia seguinte se as condições climáticas o permitirem.

Na transição longitudinal de aterro para escavação, a ultima camada do aterro antes do Leito do Pavimento deve ser prolongada 10m dentro da escavação de forma a ser garantida uniformidade na capacidade de suporte fundação do pavimento (é nesta zona que deve ser executado o dreno transversal).

Deverá ser cumprida, rigorosamente, a geometria dos aterros prevista nos perfis transversais do projecto. Não será permitido que os aterros construídos tenham uma largura superior à prevista. Quando por razões construtivas forem executadas sobrelarguras, estas deverão ser removidas, na operação de regularização dos taludes. Se a Fiscalização concordar com a adopção deste procedimento para absorver parte dos materiais sobranes, aplicar-se-ão à execução destas sobrelarguras todas as exigências deste Caderno de Encargos. Este procedimento só será admitido se as referidas sobrelarguras forem construídas simultaneamente com a construção de cada camada. Não será

permitida a sua construção após a execução do aterro nem a utilização dos taludes como zona de depósito de materiais sobranes.

1.6.2. ATERROS EM ENROCAMENTO OU MISTURA SOLO-ENROCAMENTO

Nos aterros com enrocamento ou mistura solo-enrocamento para a colocação do material deverá seguir-se o processo de execução de camadas com depósito “em cordão”. O material é descarregado 5m antes da frente de escavação e depois empurrado para a frente de trabalhos por meio de bulldozer com potência suficiente para espalhar o material em camada. Esta distância deve ser aumentada para 10 m quando os meios de transporte utilizados forem de grandes dimensões (superior a 20 m³) ou as granulometrias se mostrem provisoriamente descontínuas.

Na compactação destes aterros é obrigatória a aplicação de cilindros vibradores com carga estática por unidade de geratriz vibrante superior a 4,5 kN/m (45 kgf/cm).

A espessura das camadas, o número de passagens do cilindro (normalmente 6 a 10), a energia de compactação, a quantidade de água e a velocidade de circulação serão determinadas e definidas após a realização de laboratório e de um Aterro Experimental. Contudo, na construção de aterros com estes materiais devem respeitar-se as seguintes recomendações gerais:

- Materiais provenientes do desmonte de rochas de dureza alta a média (pedraplenos-1.4.4.)
 - Altura da camada não superior a 1,0 m;
 - Execução da camada com rega exceptuando-se os materiais comprovadamente não sensíveis à água.

Em presença do resultado dos ensaios de propriedades – índice poderá a Fiscalização decidir sobre eventual não colocação de água durante a execução das camadas.

- Materiais provenientes do desmonte de rochas brandas ou do tipo solo-enrocamento (1.4.4.- A.1 c); A.2; A.3 c) e B c))

Altura da camada não superior a 0,60 m;

Execução da camada com rega.

No controlo de qualidade da execução das camadas de aterros com materiais deste tipo deverão realizar-se macro-ensaios com vista a determinação da granulometria e do índice de vazios. A granulometria deverá satisfazer ao especificado em 1.4.4 – *Características dos materiais para aterros em materiais rochosos* e o índice de vazios não deverá ser superior ao definido no trecho experimental desde que não haja alterações significativas em relação à granulometria dos materiais usados no trecho experimental. Caso esta situação se verifique compete à fiscalização definir quais as condições de recepção.

Aterro experimental e ensaios de laboratório:

Para determinar a espessura das camadas, o número de passagens dos cilindros, a energia de compactação, a quantidade de água a utilizar no processo de compactação e o índice de vazios de referência, deverá ser utilizado um aterro experimental, de acordo com a seguinte metodologia:

- Selecciona-se uma área no local com 30 m de comprimento por 15 m de largura, removendo-se o solo orgânico superficial;
- Espalha-se o material a usar no aterro em três faixas com 5 m de largura e com três espessuras diferentes;
- Em cada faixa do aterro experimental colocam-se 16 “placas” de nivelamento;
- Com apoio topográfico medem-se os assentamentos por cada duas passagens do cilindro até que os assentamentos estabilizem;
- Realizam-se macro-ensaios para determinação do índice de vazios de referência e confirmação da granulometria do material utilizado.

A selecção da espessura da camada deverá ser feita com base nas conclusões do aterro experimental e dos ensaios de laboratório subsequentes de modo a que se garanta a sua eficaz compactação com o número de passagens do cilindro adequado ao rendimento da obra.

Sobre os materiais utilizados no trecho experimental realizar-se-ão os ensaios definidos em 1.4.4. – *Aterros com Materiais Rochosos* e 1.4.5.- *Aterros com Materiais Solos - Enrocamento*.

1.6.3. ATERROS COM MATERIAIS EVOLUTIVOS

No caso dos materiais a utilizar serem provenientes do desmonte de rochas fortemente evolutivas (grupo **A.2** - 1.4.4.) deverá seguir-se para colocação do material, o processo conhecido por execução de camadas com deposição “em cordão”, em que o material é descarregado 5m antes da frente de aplicação e deverá proceder-se a uma fragmentação complementar. O seu espalhamento deverá ser feito por camadas de espessura não superior a 0,4 m, com compactação intensa, de preferência com cilindros vibradores “pés-de-carneiro” ou “pés-de-cunha” e com rega.

No caso particular das condições hidrológicas locais fazerem prever que os aterros se situam em áreas potencialmente inundáveis, os materiais a utilizar na construção da sua parte inferior (PIA) deverão ser tratados com cal ou com outro ligante hidráulico, por forma a que a sua resistência mecânica satisfaça a seguinte condição:

- $R_c (28 \text{ dias}) > 0,5 \text{ MPa}$ após 14 dias de cura e 14 dias de embebição.

No que se refere às condições de colocação em obra deve ainda ser respeitado o especificado em 1.6.1. para aterros com solos e em 1.6.4. para aterros com solos tratados.

1.6.4. ATERROS COM SOLOS TRATADOS

Quando as condicionantes técnicas e económicas da obra o justifiquem, poder-se-á recorrer na construção de aterros à técnica de tratamento de solos “in situ” com cal e/ ou ligantes hidráulicos, com vista a reutilizar os materiais correntes que não satisfaçam o especificado em 1.4.2-*Aterros com Solos* ou os solos coerentes húmidos.

1.6.4.1. Estudo laboratorial

O solo a estabilizar com cal e/ou cimento a utilizar na construção de aterros ou partes de aterros, deverá satisfazer o especificado em 1.4.3.1.-*Características dos Solos a Tratar e da Mistura* e a mistura final resultar de um estudo laboratorial específico, de forma a obterem-se as características mínimas indicadas no referido no mesmo sub-capítulo (1.4.3.).

O tratamento só poderá iniciar-se quando a fiscalização aprovar o respectivo estudo, que deverá ser apresentado com uma antecedência mínima de 30 dias. Nele deverão constar nomeadamente:

- O certificado do fornecedor que comprove a características exigidas em 1.4.3.2 e 1.4.3.3.
- A variação das diferentes características da mistura especificadas em 1.4.3.1 (γ_{opn} ; w_{opn} ; CBRi) com o teor do ligante (cal e/ou cimento), para variações máximas de 1%, de 0% a 3% quando se destine a resolver problemas de traficabilidade e de colocação em obra, ou de 0% a 5% quando se exija melhoria das características mecânicas, inclusive, e para teores em água w_{nat} ; $w_{nat}+2$ e $w_{nat}+4$.

A mistura a adoptar deverá ser a resultante do estudo laboratorial e deverá satisfazer ao especificado em 1.4.3.1.-*Características dos solos a tratar e da mistura.*

1.6.4.2. Armazenamento do ligante

O ligante deve ser armazenado em silos com capacidade para uma produção de pelos menos 2 a 3 dias, consoante a importância da obra e as dificuldades de aprovisionamento do estaleiro, de modo a precaver roturas de fornecimento e a permitir um repouso e arrefecimento mínimos.

Se forem utilizados mais do que um tipo de ligante o número de silos será o necessário para garantir aquela produção.

1.6.4.3. Trecho experimental

Antes do trabalho se iniciar deverá realizar-se um trecho experimental, nele serão comprovados particularmente os seguintes aspectos:

- Profundidade e eficácia da desagregação dos solo e homogeneidade da sua mistura com cal e/ou cimento;
- Composição dos meios de compactação;
- O teor em água de compactação mais adequado;
- O grau de compactação e teor de cal e/ou cimento efectivo em toda a espessura da camada;
- Os métodos de verificação do teor em água, do grau de compactação e do teor em ligante;
- A espessura da camada e a sua regularidade superficial estão dentro dos limites especificados;
- O processo de cura de protecção superficial.

1.6.4.4. Preparação da superfície

Quando o tratamento vise o melhoramento das características mecânicas da parte superior dos aterros (PSA), a respectiva superfície deverá apresentar-se desempenada.

Após aprovação de superfície pela Fiscalização, o solo será escarificado até à profundidade mínima necessária, de modo a obter-se uma camada de solo estabilizado com a rasante e as espessuras mínimas definidas. Deve evitar-se que a escarificação ultrapasse a espessura a tratar.

A regularização final deverá ser feita com os motoniveladoras.

1.6.4.5. Humidificação

No caso acima referido ou na construção de pés de aterros altos ou da parte inferior dos aterros (PIA) com materiais evolutivos, o teor em água do solo desagregado no momento da sua mistura com o cimento, será tal que permita a subsequente mistura uniforme e íntima de ambos, com o equipamento disponível, não podendo ser inferior ao fixado na fórmula de trabalho. Caso seja necessário poderá regar-se previamente o solo para facilitar aquela mistura, não podendo, no entanto, realizar-se a distribuição de cimento enquanto existirem concentrações de água à superfície.

Caso seja necessário, a rega será efectuada simultaneamente com a operação de mistura no caso de serem utilizados “Pulvi-mixers” ou anteriormente ao espalhamento do ligante nos restantes casos, de modo a obter-se o teor em água fixado na fórmula de trabalho, tendo em atenção eventual evaporação durante a execução dos trabalhos.

A humidificação será feita com recurso a equipamento apropriado de modo a ser uniforme sem escorrência nas rodeiras deixadas pelo equipamento.

Assim, no que se refere aos solos coerentes secos, estes serão regados no dia anterior ao da mistura com a cal e/ou cimento, de modo a que os torrões estejam humedecidos no seu interior.

1.6.4.6. Espalhamento

A cal e/ou cimento deverão ser distribuídos uniformemente com a dosagem pré-estabelecida e pode ser feito manualmente ou por meios mecânicos. Neste último caso devem estar munidos de doseadores volumétricos controlados pela velocidade de espalhamento e de dispositivos adequados ao controlo e à redução de emissão de poeiras.

Quando a distribuição do ligante for feita manualmente, os sacos de cal e/ou cimento serão colocados sobre o solo a tratar, formando uma quadricula de lados aproximadamente iguais, correspondentes à dosificação aprovada. Uma vez abertos os sacos, o seu conteúdo será distribuído rápida e uniformemente por meios de arrastadeiras manuais ou vassouras rebocadas.

A operação de distribuição será suspensa em caso de vento forte ou de chuva.

A cal e/ou cimento só serão espalhados nas superfícies que possam vir a ser tratadas nesse dia de trabalho.

1.6.4.7. Mistura e homogeneização

A mistura da cal e/ou cimento com o solo a tratar será realizada logo após o espalhamento, num intervalo de tempo não superior a 1 hora, de modo a obter-se uma mistura homogénea sem formação de grumos de cal e/ou cimento. O equipamento de mistura deverá realizar o número de passagens suficientes de modo a garantir que 90% das partículas e torrões argilosos tenham uma dimensão superior a 25 mm

A mistura será realizada por meios mecânicos, com grades de disco ou charruas rebocadas por tractores de rastros, ou por equipamentos do tipo misturador rotativo de eixo horizontal (“Pulvi-mixers”) com uma potência mínima de 300CV.

Desde que o material satisfaça a condição $70 \text{ mm} \leq D_{\text{máx}} \leq 250 \text{ mm}$ a mistura poderá ser efectuada com grades de disco em camadas com 0,20 m de espessura com discos de 1,0 m de diâmetro e 5 ton. de peso, rebocados por tractores de rastros com potência superior a 250 CV.

O equipamento deverá ser previamente sujeito à Fiscalização.

A velocidade do equipamento deverá ser regulada convenientemente e as operações de mistura e nivelamento deverão ser coordenadas de modo a obter-se um material homogéneo.

Quando não se disponha de uma meio rápido que assegure a uniformidade da mistura, esta continuará até apresentar uma cor uniforme.

A mistura não pode permanecer mais de meia hora sem que se proceda à sua compactação e acabamento ou em alternativa nova desagregação e mistura.

1.6.4.8. Compactação

No momento do início da compactação, a mistura deverá apresentar-se solta na espessura especificada, e o teor em água não deverá diferirem mais de 1% do valor fixado na fórmula de trabalho.

A compactação será longitudinal a partir do bordo mais baixo das diferentes faixas, com sobreposição mínima de 0,5 metros das sucessivas passagens do equipamento, as quais igualmente deverão ter comprimentos diferentes.

A compactação será realizada com equipamento normalmente utilizado em trabalhos de terraplanagem e, inicialmente, por cilindros rolo vibradores, com carga estática mínima de 25 kg/cm de geratriz, e seguidamente por meio de cilindros de pneus, com carga por roda mínima de 3 toneladas, devendo o grau de compactação final ser superior a 98%, relativamente ao ensaio de compactação leve.

Os meios de compactação serão os necessários para que todas as operações estejam terminadas dentro de 4 horas seguintes à incorporação da cal e/ou cimento, prazo este que será de 3 horas no caso de temperaturas do ar superior a 30°C.

1.6.4.9. Acabamento da superfície

A superfície do solo estabilizado “in situ” com cal e/ou cimento, quando se trate de um melhoramento da parte superior dos aterros (PSA), deverá respeitar os perfis transversais e longitudinais do projecto, não podendo diferir deles em mais de 5,0 cm. A superfície acabada não deverá apresentar uma irregularidade superior a 2 cm quando comprovada com a régua de 3 metros, aplicada tanto longitudinal como transversalmente.

As zonas em que não se cumpram as tolerâncias anteriores ou que retenham água à superfície, serão corrigidas de acordo com as instruções da Fiscalização. No caso em que seja necessário remover a camada superficial do solo estabilizado, esta será escarificada em metade da espessura, à qual deverá juntar-se um teor mínimo de 0,5% de ligante, e água na quantidade necessária, antes da recompactação.

As juntas de trabalho serão dispostas para que o seu bordo se apresente vertical, sendo retirada cerca de 0,20 metros de material já executado.

Dispor-se-ão de juntas transversais de construção quando o processo construtivo se interromper por mais de 3 horas.

1.6.4.10. Rega de cura

À superfície da camada deve ser aplicado um tratamento betuminoso de cura. A superfície deve ser mantida húmida até ao momento da aplicação do tratamento, que deve ser feito tão cedo quanto possível, logo após a compactação e num prazo não superior a 4 horas.

Para o tratamento betuminoso de cura será aplicada uma emulsão catiónica rápida do tipo do especificado no capítulo referente aos pavimentos, a uma taxa de betume residual de cerca de 500 g/m². Caso se preveja a circulação do tráfego de obra directamente sobre a camada deve ainda ser espalhada uma gravilha 4/6 à taxa de 6 litros/m².

O tratamento de cura deve ser mantido e, se necessário, aplicado novamente até à execução da camada seguinte.

A circulação de veículos de obra sobre a camada será interdita durante 3 dias após construção.

Caso, posteriormente, a camada seja frequentemente circulada pelo tráfego da obra, a Fiscalização poderá mandar executar um revestimento superficial de protecção.

1.6.4.11. Execução de camadas sobrejacentes

Quando por razões de espessura total for necessário executar mais que uma camada de solo tratado, usar-se-ão os procedimentos acima referidos.

O solo a utilizar deverá satisfazer o especificado em 1.4.3.1.-*Características do solo a tratar*.

1.6.4.12. Limitações à execução

A estabilização de solos “in situ” com cal e/ou cimento, só poderá realizar-se quando a temperatura ambiente, à sombra, for superior a 5° C.

1.6.5. ATERROS TÉCNICOS

Os aterros técnicos podem ter várias geometrias de acordo com o tipo de aterro.

Estruturas enterradas de pequena dimensão (diâmetro ou lado “D” ≤ 2,50 m):

O aterro técnico será constituído por um prisma de secção trapezoidal que envolverá a estrutura e cuja secção terá a seguinte geometria:

- Base maior5 d;
- Base menor 2 d;
- Altura 1,5 d.

Estruturas enterradas de média e grande dimensão (altura “H” > 2,50 m):

No caso em que estas estruturas tiverem curvaturas junto à fundação proceder-se-á ao seu enchimento prévio.

Seguidamente será construída uma cunha de cada lado da estrutura que terá a seguinte geometria:

- Base 3 m;
- Altura $h+1$ m;
- Lado superior $2xh+3$ m.

Encontros, montantes de obras de arte e muros de suporte:

Será construído um prisma de secção trapezoidal com a seguinte geometria:

- Base maior $h+10$ m;
- Base menor 10 m;
- Altura (h) igual à altura da estrutura.

Os trabalhos só serão iniciados depois da aprovação prévia da Fiscalização. Serão estudados em especial os problemas de drenagem que possam surgir e só depois destes estarem convenientemente resolvidos se executará o enchimento do aterro.

Estes aterros devem ser cuidadosamente construídos. As camadas devem ser executadas simetricamente em relação à estrutura, e a sua espessura deve ser ajustada às características do aterro, da estrutura a envolver, das condições de execução e do material do aterro utilizado.

A espessura das camadas não deve ser superior a 0,20 m, valor que deverá descer para 0,15 m quando se trata de aterros entre gigantes de encontros ou muros. Exceptuam-se os casos em que os materiais utilizados sejam solos tratados, em que a espessura poderá ser de 0,30 m, sempre que o material de aterro utilizado seja solo.

Cada camada deve ser compactada de tal forma que a compactação relativa, referida ao ensaio Proctor Modificado, seja de 100% e o teor em água não deve variar mais que 10% em relação ao valor ótimo. Quando construídos com solos tratados a compactação relativa não deverá ser inferior a 95%.

Se o material de aterro tiver excesso de humidade, não deve ser compactado até que tenha o teor em água adequado para que se possa obter a compactação requerida. Em alternativa e no caso do material de construção serem solos tratados poder-se-á recorrer à utilização prévia de cal viva para reduzir o teor em água natural.

No caso das estruturas de pequena dimensão os aterros técnicos devem ser construídos antes dos aterros confinantes. Nos restantes casos deve ser usada a sequência inversa.

A ligação entre os aterros técnicos e os aterros confinantes deve ser feita através de endentamento das camadas que constituem o segundo aterro, no primeiro através de degraus recortados no primeiro aterro com espessura igual à espessura das camadas.

1.6.6. ATERROS ZONADOS

Nas construções de aterros zonados, conforme definido em 1.4.6. – *Características dos materiais para aterros zonados*, respeitar-se-ão as especificações estipuladas neste caderno de encargos para cada um dos materiais utilizados, tendo em conta as localizações e funções que desempenham.

1.7. LEITO DO PAVIMENTO

O Leito do Pavimento é a última camada(s) da terraplenagem e é parte integrante da fundação do pavimento. O seu objectivo final é homogeneizar e manter a capacidade de suporte do pavimento, independentemente das flutuações do estado hídrico dos solos ocorrentes ao nível da plataforma.

A curto prazo deverá ainda proporcionar o nivelamento da plataforma e uma capacidade de suporte suficiente para a execução do pavimento, independentemente das condições meteorológicas, protegendo os solos da plataforma face às intempéries. Além disso deverá garantir as condições de traficabilidade aos veículos da obra.

Por razões construtivas, o Leito do Pavimento pode ser construído por uma ou várias camadas, ou ainda resultar, no caso das escavações, apenas de trabalhos ao nível da plataforma onde assenta o pavimento.

1.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Os materiais naturais a utilizar na construção do Leito do Pavimento são os referidos no **quadro 1** do ponto 1.4.1 – *Aterros com solos* e devem obedecer ainda as características descritas no presente sub-capítulo.

Na regularização de escavações em rocha e em pedraplenos e aterros em solo-enrocamento, o leito do pavimento será constituído obrigatoriamente por materiais granulares obedecendo as condições referidas em 1.7.1.2 – *Materiais granulares não britados* e 1.7.1.3. – *Materiais granulares britados*.

Quando as condições técnico-económicas e ambientais o justificarem, podem ainda ser utilizados solos tratados com cimento ou cal e/ou cimento.

1.7.1.1. Solos

Os materiais para camadas de Leito do Pavimento em solos deverão ser constituídos por solos de boa qualidade, isentos de detritos, matéria orgânica, ou quaisquer outras substâncias nocivas, obedecendo ainda às seguintes prescrições:

- Dimensão máxima75mm
- Percentagem de material que passa no peneiro nº 200 ASTM, máxima 20%
- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo 6%
- Equivalente de areia, mínimo 30%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo2,0
- CBR a 95 % de compact. rel. e teor óptimo de água (Proctor modificado), mínimo ... 10%
- Expansibilidade (ensaio CBR), máxima 1,5%
- Percentagem de matéria orgânica 0%

1.7.1.2. Materiais Granulares não Britados

Os materiais não granulares britados, aluvionares ou outros resultantes das escavações em rocha deverão obedecer às seguintes características:

- A granulometria deve integrar-se no seguinte fuso:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
75,0 mm (3")	100
63,0 mm (2 1/2")	90-100
4,75 mm (nº4)	35-70
0,075 mm (nº 200)	0-12

- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo..... 6%
- Equivalente de areia, mínimo..... 30%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo..... 2,0
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Gran A), máxima 45%

Notas:

Se o equivalente de areia for inferior a 30%, o valor de azul de metileno corrigido (VA_c) deverá ser inferior a 35 sendo calculado pela seguinte expressão:

$$VA_c = VA \frac{\%P\#_{200}}{\%P\#_{10}} 100$$

VA – valor de azul de metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 µm (NF P 18-592).

Se a percentagem de material passado no peneiro de 0,0075 mm (nº200 ASTM) for inferior ou igual a 5, a aceitação do material passa unicamente pelo respeito do especificado para o valor de L.A., desde que $FR < 7$ e $ALT > 20$.

1.7.1.3. Materiais granulares britados

Os materiais granulares britados devem ser constituídos pela britagem de material explorado em formações homogêneas. Deverão estar isentos de argilas, de matéria orgânica ou de quaisquer outras substâncias nocivas e ainda obedecer às seguintes prescrições:

- A granulometria do tipo contínuo deve integrar-se em princípio no seguinte fuso:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
31,5 mm (1 1/4")	75-100
19,0 mm (3/4")	55-85
9,51 mm (3/8")	40-70
6,3 mm (1/4 ")	33-60
4,75 mm (nº4)	27-53
2,00 mm (nº4)	22-45
0,425 mm (nº4)	11-28
0,180 mm (nº4)	7-19
0,075 mm (nº4)	2-10

- Percentagem de material retido no peneiro ASTM de 19 mm (3/4"), máximo 30%
- Percentagem de desgaste na máquina de Los Angeles (Gran. A) $\leq 45\%$ a)
- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo 6%
- Equivalente de areia, mínimo 30%
- Valor do azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 μ m), máximo 2,0

a) 50 % em granitos

Notas:

Se o equivalente de areia for inferior a 30%, o valor de azul de metileno corrigido (VA_c) deverá ser inferior a 35 sendo calculado pela seguinte expressão:

VA – valor de azul de metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 μ m (NF P 18-592).

1.7.1.4. Solos tratados com cal e/ ou cimento

Cal

A cal a utilizar no tratamento de solos será a cal viva (em situações particulares poder-se-à utilizar cal apagada em pó ou sob forma de leitada, no caso de teores em águas naturais dos solos abaixo do óptimo, determinado pelo ensaio de compactação pesada).

O teor mínimo em óxidos de cálcio e magnético será de 80% em peso quando determinado de acordo com as especificações LNEC E 340 – “Cimentos. Determinação do teor em óxido de cálcio” e LNEC E341 – “Cimentos. Determinação do teor em óxido de magnésio”

O teor em anidrido carbónico será inferior a 5%.

A análise granulométrica, por via húmida, deverá fornecer as seguintes percentagens acumuladas mínimas, relativamente ao peso seco:

- Passada no peneiro ASTM nº 20 (0,840mm) 100
- Passada no peneiro ASTM nº 100 (0,150mm)..... 95
- Passada no peneiro ASTM nº 200 (0,074mm) 85

A superfície específica deverá ser determinada de acordo com a especificação LNEC E 65 – “Cimentos. Determinação da superfície específica”.

Cimento

O cimento a utilizar no tratamento de solos será o tipo II classe 32,5, satisfazendo às Definições, classes de resistência e características da NP EN 197 – 1 e às prescrições para o Fornecimento e Recepção dos Cimentos especificadas na NP 4435 e NP EN 197 – 1.

Solo a tratar com cal

Os solos a serem tratados com cal deverão estar isento de ramos, folhas, troncos, raízes, ervas, lixo ou quaisquer detritos orgânicos.

A dimensão máxima dos elementos não será superior a 70 mm.

Para além disso os solos a tratar deverão obedecer às seguintes características mínimas:

- Percentagem de material passado no peneiro nº 200 ASTM, máximo 85%
- Índice de plasticidade, mínimo 20%
- Percentagem de sulfatos expressa em SO_3 (NP2106), máximo 0,2%
- Percentagem em matéria orgânica, máximo 2%
- CBR imediato (95% Proctor Normal e Wnat), mínimo 5%

Solo tratado com cal

O solo-cal resultara de um estudo laboratorial específico devendo ser obtidas as seguintes características mínimas da mistura:

- Percentagem de cal, mínima 4%
- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo 6%
- Expansão relativa, máxima 0,3%
- CBR 20
- CBR/CBRi ≥ 1

Os ensaios CBR e CBRi serão realizados em provetes de solo tratado (4 a 6 horas depois da mistura com cal) com a energia do ensaio Proctor Normal, para um teor em água correspondente a 0,9 wopn da mistura.

Solo a tratar com cimento ou cal e cimento

Os solos a serem tratados com cal deverão estar isento de ramos, folhas, troncos, raízes, ervas, lixo ou quaisquer detritos orgânicos.

Para além disso os solos a tratar deverão obedecer às seguintes características:

▪ **Quando misturado em central:**

- D_{máx}.....50mm
- Percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM, máxima 35%
- Índice de Plasticidade, máximo 12%

▪ **Quando misturado “in situ”:**

- D_{máx}.....100mm
- Índice de plasticidade, máximo 12%

Poderão ser utilizados solos com características diferentes das indicadas desde que o Adjudicatário demonstre que o equipamento tem uma capacidade de desagregação suficiente de modo a conseguir uma mistura íntima e homogênea do solo com o cimento.

Eventualmente poderá ser necessária a adição prévia de cal casos os teores em água naturais sejam iguais ou superiores ao teor ótimo de referência mais 2%.

Solo tratado com cimento ou cal e cimento

O solo-cimento e o solo-cal a utilizar resultara de um estudo laboratorial específico. A composição final da mistura será determinada de forma seguintes:

▪ **Características de curto prazo:**

Condições de trabalhabilidade:	Rc > 1,0 Mpa	
Resistência à imersão em idades jovens:	VA ≤ 0,5	Rci/Rc60 ≥ 0,80
	VA > 0,5	Rci/Rc60 ≥ 0,60

Rci – Resistência à compressão em 60 dias (28 dias de cura normal mais 32 dias de imersão em água)

Rc 60 – resistência à compressão aos 60 dias (cura normal)

▪ **Características de longo prazo (aos 28 ou 90 dias respectivamente para os cimentos do tipo I e II):**

- Resistência à compressão diametral, mínima 0,25 MPa
- Resistência à compressão simples, mínima 2,0 MPa

1.7.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

1.7.2.1. Disposições Gerais

Por razões construtivas, o leito do pavimento pode ser construído por uma ou várias camadas, ou ainda resultar, no caso das escavações, apenas de trabalhos ao nível da plataforma onde assenta o pavimento.

A execução desta camada é obrigatória.

Os materiais a utilizar no leito do pavimento devem obedecer às especificações em *1.7.1 – Características dos materiais a usar em Leito do Pavimento*.

A superfície da camada onde assenta o Leito do Pavimento deve ser lisa, uniforme, isenta de fendas, ondulações ou material solto. Não pode existir em qualquer ponto diferenças superiores a 2,5 cm em relação aos perfis transversais e longitudinal.

É na camada subjacente ao Leito do Pavimento (nos aterros PSA) que se efectua a transição da inclinação transversal da plataforma da terraplenagem (6%) para inclinação transversal de 2,5% do pavimento em recta, por forma a que a camada de leito do pavimento tenha espessura constante e igual à definida no projecto.

A compactação relativa, referida ao ensaio proctor modificado, não deve ser inferior a 95% em toda a área e espessura da camada. O teor em água não poderá diferir mais de 15% do teor óptimo obtido no ensaio de referência.

Em zonas de escavação quando os materiais ocorrentes satisfizerem as especificações definidas em *1.7.1. – Características dos materiais a usar em Leito do Pavimento* e se, após a conclusão da escavação se concluir que aquela cota as condições “in situ” não satisfizerem as exigências de compactação e teor em água, deverá proceder-se do seguinte modo:

- Escarificação da plataforma até uma profundidade de 0,30m;
- Humidificação ou arejamento (se necessário);
- Compactação, de modo a obter-se 95% em relação ao proctor modificado;
- Regularização da plataforma de forma a obter-se uma inclinação transversal.

Outros procedimentos para redução do teor em água deverão ser previamente aprovados pela fiscalização.

Sempre que nas escavações, antes de ser executado o Leito do Pavimento, se observe que a plataforma onde irá ser construído não se apresenta convenientemente estabilizada devido à existência de manchas de maus solos susceptíveis de comprometer a prestação do pavimento, deverão os mesmos ser saneados (de acordo com *1.1.6.-Saneamentos*) na extensão e profundidades necessárias (não superior a 0,6m). A substituição será feita por materiais que satisfaçam o especificado em *1.7.1.- Características dos materiais a usar em Leito do Pavimento*. A compactação deverá ser feita por camadas de espessura não inferior a 0,2 m com recurso a meios adequados às dimensões da zona saneada de modo a obter-se a compactação relativa superior a 95%, quando referida ao ensaio proctor modificado.

Se os materiais ocorrentes àquela cota forem materiais rochosos, há que promover a limpeza adequada da plataforma e execução de uma camada de espessura média de 0,15m para regularização da plataforma com materiais a utilizar que satisfaçam o especificado em *1.7.1.2.-Materiais granulares não britados* ou *1.7.1.3-Materiais granulares britados*, para regularização da plataforma.

Quando a camada do Leito do Pavimento for constituída por materiais granulares britados, a sua execução deverá obedecer às especificações referidas em *1.7.1.3. – Materiais granulares britados*.

O reperfilamento da superfície do leito do pavimento no extradorso das curvas com sobreelevação será construído com materiais granulares com características de sub-base. A execução deverá ser efectuada previamente à construção da primeira camada do pavimento e será faseada de modo a que a espessura a compactar não exceda os 0,20m.

A colocação de materiais para a camada de base ou sub-base e a sua construção só será permitida após estarem terminados todos os trabalhos relativos ao Leito do Pavimento e ainda os trabalhos de drenagem transversal e subterrânea previstos no projecto e que interessem ao toco em causa.

1.7.2.2. Disposições específicas para camadas tratadas com cal e/ou cimento

Estudo laboratorial

O solo a estabilizar com cal e/ou cimento, a utilizar na construção do Leito do Pavimento, deverá obedecer a um estudo laboratorial específico, de forma a obterem-se as características mínimas indicadas em 1.7.1.4.4-Solo tratado com cal e 1.7.1.4.5.-Solo tratado com cimento ou cal e cimento.

O tratamento só poderá iniciar-se quando a fiscalização aprovar o respectivo estudo, que deverá ser apresentado com uma antecedência mínima de 30 dias. Nele deverão constar nomeadamente:

- O certificado do fornecedor que comprove a características exigidas em 1.7.1.4.1 – Cal ou 1.7.1.4.2. – Cimento;
- A variação das diferentes características da mistura especificadas em 1.7.1.4.4-Solo tratado com cal e 1.7.1.4.5.-Solo tratado com cimento ou cal e cimento com o teor em cal e/ou cimento, para variações máximas de 1%, de 0 a 5%, inclusive, e para 5 teores em água ($W_i = W_{opn}-2$; W_{opn} ; $W_{opn}+2$; $W_{opn}+4$; $W_{opn}+6$) de modo a incluir os teores em água que o solo poderá apresentar durante os trabalhos; os resultados serão obtidos a partir do traçado conjunto das curvas Proctor Normal (PN) do solo natural e da mistura e as correspondentes curvas CBR imediato (CBR_i); as curvas PN e CBR_i para a mistura serão traçadas para os valores de teor em água fina (W_f), ou seja, os teores em água que a mistura apresenta depois do solo ser misturado, para cada um dos valores de teor em água (W_i) acima referidos com as percentagens de ligantes estabelecidos. Sendo W_i o teor em água de solo do solo a utilizar numa mistura e W_f o teor em água da mistura depois de ser adicionada uma percentagem de cal e /ou cimento e após um período de cura de 4 a 6 horas;
- Determinação da curva de resistência da mistura.

A composição final será determinada de forma a cumprir a característica especificadas em 1.7.1.4.4. Solo tratado com cal e 1.7.1.4.6. Solo tratado com cimento ou cal e cimento.

A mistura a adoptar inicialmente deverá ser a resultante do estudo laboratorial com uma dosagem de ligante 1% superior.

Esta sobredosagem visa atender à dispersão das condições de fabrico e colocação em obra. A sua eliminação deve ser autorizada pela Fiscalização logo que se verifique, pelo controlo de qualidade em obra, a estabilização das condições de produção e de colocação.

Armazenamento do ligante

O ligante deve ser armazenado em silos com capacidade para uma produção de pelo menos 2 a 3 dias de modo a precaver roturas de fornecimento e a permitir um repouso e arrefecimento mínimos.

Se forem utilizados mais do que um tipo de ligante o nº de silos será o necessário para garantir aquela produção.

Trecho experimental

Uma semana antes de qualquer trabalho na linha, deverá realizar-se um trecho experimental, o qual poderá ser utilizado em restabelecimentos ou na plena via a uma cota inferior á cota do leito do pavimento, com uma extensão mínima de 100 metros.

Nele serão comprovados particularmente os seguintes aspectos:

- Profundidade e eficácia da desagregação do solo e homogeneidade da sua mistura com cal e/ou cimento;
- Composição dos meios de compactação;
- O teor em água de compactação mais adequado;
- O grau de compactação e teor em cal e/ou cimento efectivo em toda a espessura da camada;
- Os métodos de verificação de teor em água, do grau de compactação e do teor em ligante;
- A espessura da camada e a sua regularidade superficial estão dentro dos limites especificados;
- O processo de cura de protecção superficial.

Preparação da superfície

A superfície do solo a estabilizar “in situ” com cal e/ou cimento deverá apresentar-se perfeitamente desempenada, sem defeitos ou irregularidades. Deverá ser respeitada uma cota que permita, após a regularização final e a conclusão da compactação, evitar a ocorrência de sub espessuras e respeitar as cotas finais e de acordo com as tolerâncias admitidas. Recomenda-se que estas cotas sejam 2 a 3 cm superiores às cotas de projecto, podendo o material extraído durante a regularização final ser utilizado nas partes superiores dos aterros ou em aterros técnicos. Quando se trata de uma camada a construir com materiais de empréstimo recomenda-se também que as cotas sejam 2 a 3 cm superiores às do projecto.

Quando em zonas de escavação o tratamento se efectuar “in situ” sobre os materiais locais ocorrentes e estes se apresentarem com elevada compacidade, deve promover-se a sua escarificação antes do espalhamento do ligante, de modo a facilitar e aumentar o rendimento das misturadoras. A escarificação será efectuada até à profundidade mínima necessária, de modo a obter-se uma camada de solo estabilizado com a espessura e a cota da rasante definidas no projecto. Deve evitar-se que a escarificação ultrapasse a espessura a tratar.

Se for caso disso, promover-se-á a eliminação da fracção grosseira de modo a respeitar a especificação imposta para D_{máx}. Esta operação poderá ser feita manual ou mecanicamente após remeximento do material, ou por crivagem, para o caso dos materiais provenientes de empréstimo.

A escarificação do material pode também ser recomendada quando houver que promover a humedificação do material para melhor penetração da água, antes do espalhamento do ligante, ou para fazer subir a superfície os elementos de maior dimensão para posterior eliminação.

A pulverização do solo será realizada com equipamento do tipo misturadores-pulverizadores rotativos (“Pulvi-mixers”) cuja marcha deve ser ajustada de forma a reduzir o mínimo de arraste longitudinal do material.

Sempre que a camada seja constituída com materiais de empréstimo, após o seu espalhamento e regularização, deverá proceder-se a uma compactação ligeira (cerca de 20% do numero de passagens

necessárias à compactação) do material (antes do espalhamento do ligante) de modo a fechar a camada, densificando-a uniformemente e limitando as variações do teor em água. Deste modo é facilitada a homogeneização da camada durante as operações de mistura.

Humidificação

O teor em água do solo desagregado no momento da sua mistura com cal e/ou cimento será tal que permita a subsequente mistura uniforme e íntima de ambos, com o equipamento disponível. Não poderá ser nunca inferior ao indicado na fórmula de trabalho. Caso necessário pode regar-se previamente o solo para facilitar aquela mistura, não podendo a adição total de água ser superior a 5% nem o incremento em cada uma das passagens ser superior a 2%. A distribuição do ligante não poderá ser efectuada enquanto existirem concentrações de água à superfície.

No que se refere aos solos coesivos secos, estes serão regados no dia anterior ao da mistura com cal e/ou cimento de modo a que os torrões estejam humedecidos no seu interior.

Espalhamento do ligante

Antes do espalhamento do ligante e após o fecho da camada, esta deve ser pré-regularizada, de modo a dota-la de cotas com erro inferior a 25% das tolerâncias admitidas.

A cal e/ ou cimento deverão, posteriormente, ser distribuídos uniformemente com a dosagem pré-estabelecida. Para o efeito serão utilizados meios mecânicos, munidos de doseadores volumétricos controlados pela velocidade de espalhamento e de dispositivos adequados ao controlo e à redução da emissão de poeiras.

O espalhamento deveser feito sobre toda a superfície a tratar, por faixas paralelas adjacentes sem recobrimento e com um afastamento de 5 a 10 cm.

Os doseadores deverão dispor de capacidade suficiente que permita o espalhamento do ligante necessário, numa só passagem.

Em zonas de extensão reduzida, não acessíveis ao equipamento, poderá a Fiscalização autorizar a distribuição manual. Nestes casos, os sacos de cal e/ou cimento serão colocados sobre o solo a tratar, formando uma quadricula de lados aproximadamente iguais correspondentes à dosificação aprovada. Após os sacos serem abertos, o seu conteúdo será distribuído rápida e uniformemente por meio de arrastadeiras manuais ou vassouras rebocadas.

A operação de distribuição será suspensa em caso de vento forte ou chuva.

A cal e/ou cimento só serão espalhados nas superfícies que possam vir a ser tratadas nesse dia de trabalho.

Mistura e homogeneização

A mistura de cal e/ou cimento com o solo a tratar será realizada logo após o espalhamento, num intervalo de tempo não superior a 1 hora, de modo a obter-se uma mistura homogénea sem formação de grumos de cal e/ ou cimento. O equipamento de mistura deveser realizar o número de passagens suficientes de modo a garantir que 90% das partículas e torrões argilosos tenha uma dimensão inferior a 25mm.

A mistura, quando efectuada “in situ”, será realizada por meios mecânicos e por faixas paralelas com equipamento do tipo misturador rotativo de eixo horizontal com uma potência mínima de 300 CV, adjacentes, com uma sobreposição de pelo menos 5 a 10 cm. O equipamento deverá ser sujeito à aprovação pela Fiscalização.

Simultaneamente à operação de mistura, realizar-se-à a rega de modo a obter-se o teor em água fixado na fórmula de trabalho, tendo em atenção eventual evaporação durante a execução dos trabalhos.

A humedificação será feita com o recurso a equipamento apropriado de modo a ser uniforme sem ocorrência de rodeiras deixadas por ele.

A velocidade do equipamento deverá ser regulada convenientemente. As operações de mistura e nivelamento deverão ser coordenadas de modo a obter-se um material homogéneo. Quando não se disponha de um meio rápido que assegure a uniformidade da mistura, esta continuará até apresentar uma cor uniforme.

Desde que os solos satisfaçam as características especificadas em 1.7.1.4.5 – Solo a tratar com cimento ou cal e cimento, a mistura pode, em alternativa ser efectuada em central. Neste caso podem ser utilizadas centrais de betão ou centrais de misturas de solos ou agregados, especificados no capítulo referente aos *pavimentos*, de utilização corrente na produção de materiais britados tratados com ligantes hidráulicos utilizados em pavimentos semi-rígidos.

Após a conclusão da operação de mistura “in situ” ou do seu espalhamento quando produzida em central, a superfície deve ser novamente ou em alternativa regularizada antes de se dar início à compactação.

A mistura não pode permanecer mais de meia hora sem que se proceda ao início da sua compactação e acabamento ou em alternativa nova desagregação e mistura.

Compactação

No momento do início da compactação a mistura devesse apresentar-se solta na espessura especificada. O respectivo teor em água não deverá diferir em mais de 1% do valor fixado na fórmula de trabalho.

A compactação será longitudinal a partir do bordo mais baixo das diferentes faixas com sobreposição mínima de 0,5 m das sucessivas passagens do equipamento. Será sempre efectuada em duas fases, uma compactação parcial e uma compactação final. A primeira, a efectuar logo após a conclusão da regularização da superfície, tem como finalidade conferir à camada uma compactidade da ordem dos 93% em relação ao Proctor Normal, em toda a espessura, facilitando a regularização final que tem por objectivo o acerto final das cotas e da geometria. Esta operação pode ser feita por fresagem ou por corte utilizando motoniveladoras. Logo após a conclusão desta última operação será feita a compactação final de modo atingir-se uma compactação superior a 98% em relação ao ensaio Proctor Normal e redensificar a parte superior da camada, danificada durante as operações de regularização final.

A compactação será realizada com equipamento tradicionalmente utilizado em trabalhos de terraplenagem. Na primeira fase deverão utilizar-se cilindros de rasto liso vibradores, com carga estática mínima de 45 kg/cm de geratriz do rolo (V3) e na compactação final deverão também ser usados cilindros de pneus, com carga por roda mínima de 3 toneladas.

A utilização de cilindro de pneus na última fase da compactação é obrigatória sempre que os solos a tratar apresentem uma percentagem de material passado no peneiro ASTM 0,075mm (nº 200) superior

a 50%. Deste modo pretende-se evitar o fenómeno de “foliação” que corresponde à estratificação superficial e fissuração aleatória sem ligação. Só serão admitidos equipamentos mais leves se as espessuras das camadas não ultrapassarem os 0,2 m.

Os meios de compactação serão os necessários para que todas as operações estejam terminadas dentro das 4 horas seguintes à incorporação da cal e/ou cimento, prazo este que será de 3 horas no caso de temperaturas do ar superiores a 30°C.

Acabamento da superfície

A superfície do solo estabilizado com cal e/ou cimento deverá respeitar os perfis transversais e longitudinais do projecto, não podendo diferir deles em mais de 2,5 cm. A superfície acabada não deverá apresentar uma irregularidade superior a 1 cm quando comprovada com régua de 3 metros, aplicada tanto longitudinalmente como transversalmente.

As regularizações com enchimentos não são, em caso algum, permitidas. Nas zonas em que não se cumpram por defeito as tolerâncias anteriores ou que retenham água à superfície, a camada será escarificada e recompactada após regularização em metade da espessura, à qual deverá juntar-se um teor mínimo de 0,5% de ligante, e água na quantidade necessária, antes da recompactação.

As juntas de trabalho serão dispostas de modo que o seu bordo se apresente vertical, sendo retirada cerca de 0,20 metros de material já executado.

Dispor-se-ão de juntas transversais de construção quando o processo construtivo se interromper por mais de 3 horas.

Rega de cura

À superfície da camada deve ser aplicado um tratamento betuminoso de cura. A superfície deve ser mantida húmida até ao momento da aplicação do tratamento, que deve ser feito tão cedo quanto possível, logo após a compactação e num prazo não superior a 4 horas.

Para o tratamento betuminoso de cura será aplicada uma emulsão catiónica, do tipo da especificada no capítulo referente às *pavimentações*, a uma taxa de betume residual de cerca de 500g/m². Quando se preveja a circulação de tráfego da obra directamente sobre a camada deve ainda ser espalhada uma gravilha 4/6 à taxa de 6 litros/m².

O tratamento de cura deve ser mantido e, se necessário aplicado novamente até à execução da camada seguinte.

A circulação de veículos de obra sobre a camada será interdita durante 3 dias após construção. Se posteriormente a camada for frequentemente circulada pelo tráfego da obra, a Fiscalização poderá mandar executar um revestimento superficial de protecção.

Execução de uma segunda camada

Quando por razões de espessura total for necessário executar uma segunda camada de solo, cal e/ou cimento sobre a primeira já construída usar-se-ão os procedimentos anteriormente referidos.

O solo a utilizar na construção desta camada satisfará o especificado em 1.7.2.2. para o *solo a tratar com cal* ou *Solo a tratar com cal e/ ou cimento*. Será proveniente de empréstimos previamente

aprovados pela fiscalização ou da escavação na linha. Neste ultimo caso deverá ser previamente colocado em depósito provisório.

Limitações á execução

A estabilização de solos “in situ” cm cal e/ou cimento só poderá realizar-se quando a temperatura ambiente, à sombra, for superior a 5°C.

1.8. TALUDES

1.8.1. ESCAVAÇÃO E REGULARIZAÇÃO

A escavação dos taludes deverá ser realizada de forma adequada para não causar danos na superfície final, evitar a descompressão prematura do seu pé e impedir qualquer outra coisa que possa comprometer a estabilidade final da escavação.

Os taludes a regularizar são os resultantes dos perfis transversais do projecto.

Sempre que o desmonte dos materiais escavados tenha que recorrer à utilização de explosivos de forma generalizada, a simplificação do método de desmonte e da regularização dos taludes exige a execução de um pré-corte, ou técnica equivalente, segundo os planos do talude. Este deverá ser executado de uma vez, em toda a altura do talude ou entre banquetas. O trabalho de pré-corte considera-se incluído nesta rubrica.

Deverão ser preservadas as características naturais da rocha, não se alterando na regularização dos taludes, a sua estabilidade de modo a que seja possível a arborização criando um ambiente harmonioso com a paisagem. Deverão adoptar-se regras de boa prática na sua utilização limitando os níveis de carga dos mesmos nas proximidades dos taludes de modo a evitar fissurações ou alterações na rocha não admissíveis. É fundamental ainda que o pé do talude conserve as características naturais que o terreno proporciona em estado inalterado

No caso de materiais mistos, haverá que proceder à escavação até cerca de 2 a 3 m da frente do talude, devendo a regularização ser concretizada posteriormente. Para tal deverão utilizar-se equipamentos de desmonte frontal (escavadoras) que não deverão remover os blocos que intersectem o plano do talude. Estes blocos deverão ser cortados por taqueamento com explosivos ou com martelos hidráulicos, de modo a evitar a criação de superfícies côncavas. Não é pois aconselhável utilizar nesta operação equipamentos de grande potência.

Tanto no caso dos materiais mistos, como na escavação efectuada em rocha com recurso a explosivos, há que complementar estas operações com limpeza dos elementos (blocos) soltos.

Nas zonas onde a escavação foi feita mecanicamente a regularização dos taludes fica praticamente concluída com a escavação.

A variação da inclinação dos taludes deve fazer-se ao longo de 50 m, no caso de vias com dupla faixa de rodagem, e em 25 m no caso das vias com faixa dupla. As intersecções das superfícies dos taludes com o terreno natural têm de ser arredondadas, conforme indicado nos desenhos. Este trabalho deve ser executado cuidadosamente para se evitar danos na vegetação exterior à área escavada e logo que a escavação chegue à cota da primeira banqueta. Quando não existirem dimensões fixadas no projecto, as banquetas em talude de escavação devem ter 3m (mais o diâmetro da vala de banqueta) de largura e uma inclinação transversal (para o interior) de 10%.

A transição entre taludes de escavação e de aterro deve ser modelada gradualmente com declives suaves e adoptando-se medidas de drenagem necessárias para evitar acumulação de água na base dos aterros.

Deve ser dada especial atenção às zonas de contacto entre escavações e aterros. Nessas zonas a escavação será prolongada até que a PSA do aterro penetre na escavação em toda a sua secção, não se admitindo secções em que o apoio da PSA do aterro e o fundo da escavação estejam em planos distintos.

Nestes contactos deve também ser dada especial atenção às medidas necessárias para evitar a inundação ou saturação de água.

Devem ser levadas a cabo todas as acções para garantir um adequado acabamento e limpeza dos materiais soltos, especialmente quando se trate de aterros que incluam blocos rochosos.

Quando for necessário adoptar medidas especiais para estabilização e protecção superficial dos taludes, tais como, plantações superficiais, revestimentos vegetais, malhas de protecção, esses trabalhos deverão ser realizados logo que a escavação do talude o permitir.

Deverá procurar dar-se às superfícies finais dos taludes um aspecto que harmonize a estrada com a paisagem.

1.8.2. REVESTIMENTO COM TERRA VEGETAL

1.8.2.1. Características dos materiais

Em situações não previstas no projecto, todos os materiais e equipamentos necessários à boa execução da obra, deverão ser propostos pelo Adjudicatário e previamente aprovados pela Fiscalização.

A terra viva a utilizar na cobertura de taludes, separador central e outras zonas a revestir, será a terra proveniente da decapagem dos terrenos de cultura a ocupar pelo traçado.

Quando tal não for possível ou as quantidades disponíveis não forem suficientes poderá utilizar-se terra proveniente de outros terrenos, desde que apresente boas características, seja da camada superficial de solos agrícolas, e previamente aprovada pela Fiscalização.

A terra deve ser isenta de pedras com diâmetro superior a 0,05 m, bem como de outros elementos prejudiciais (entulhos, raízes, troncos, etc).

A quantidade admissível de pedra miúda (com diâmetro inferior a 0,05 m) não deverá exceder 10% do volume global de terra.

1.8.2.2. Preparação do terreno

Antes do espalhamento da terra viva, a superfície dos taludes deverá apresentar um grau de rugosidade apreciável e ausência de sulcos verticais que facilitem a erosão superficial.

Este objectivo será conseguido através de uma mobilização superficial do solo até cerca de 0,10 m ou 0,15 m, por via de uma escarificação com “Klodbuster”.

Sulcos de erosão mais profundos deverão ser previamente preenchidos com materiais granulares de forma a garantir a sua consolidação e posterior fixação da terra viva.

1.8.2.3. Aplicação da “terra viva”

O espalhamento de terra viva nos taludes só poderá iniciar-se após a modelação e regularização, de acordo com o projecto, ter sido aprovada pela Fiscalização.

A espessura da camada de terra a aplicar sobre os taludes e em outras zonas previstas, será variável de acordo com o projecto, com as características do terreno e sobretudo dependente da inclinação dos taludes, não devendo no entanto possuir, sejam quais forem os condicionalismos, uma espessura inferior a 0,10 m.

O espalhamento poderá ser feito manual ou mecânicamente, devendo proceder-se de seguida a uma regularização e ligeira compactação.

Nos taludes com inclinação igual ou superior a 1:1,5 (V:H), bem como nos taludes rochosos, não se procederá ao espalhamento de terra viva, salvo indicação em sentido contrário, expressa no projecto ou indicada pela Fiscalização.

Quando o projecto preveja o revestimento dos taludes dos pedraplenos, estes deverão apresentar no seu aspecto final porosidade que evite a penetração da terra viva a colocar. Para tal e caso se verifique essa necessidade, colocar-se-á uma camada superficial de materiais mais finos, cuja espessura média será determinada de acordo com as características apresentadas pelo pedrapleno, devidamente homologada pela Fiscalização.

No remate com o pavimento, a terra deverá ficar 0,05 m abaixo da cota superior do pavimento.

1.9. CONTROLO DE QUALIDADE

1.9.1. DISPOSIÇÕES GERAIS

O controlo de qualidade dos trabalhos respeitantes às empreitadas é da responsabilidade do Adjudicatário. Este deverá apresentar no início dos trabalhos, juntamente com o programa de trabalhos e cronograma financeiro, um plano de garantia e controlo de qualidade, bem como o responsável pela sua implementação que deverão merecer o acordo da EP. Este plano deverá contemplar no mínimo, o tipo e frequência de ensaios que em seguida se discriminará. A EP na qualidade de dono da obra, com competência de Fiscalização disporá de meios humanos e materiais que possibilitam um controlo por amostragem dos ensaios realizados.

Este controlo realizado pela EP não isenta o Adjudicatário de responsabilidade de deficiências e anomalias de construção que sejam da sua responsabilidade.

1.9.2. PRESCRIÇÕES COMUNS A TODOS OS MATERIAIS

Todos os materiais a empregar, em particular os pré fabricados, devem ser acompanhados de certificados de origem e dos respectivos documentos de controlo da qualidade e obedecendo ainda a:

- Sendo nacionais, as Normas Portuguesas, documentos de homologação de laboratórios oficiais, regulamentos em vigor e especificações do Caderno de Encargos;
- Sendo estrangeiras, as normas e regulamentos em vigor no país de origem, caso não existam normas nacionais aplicáveis.

1.9.3. EQUIPAMENTO LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Previamente à sua instalação, o Adjudicatário deverá submeter à aprovação da fiscalização um projecto esquemático do laboratório, acompanhado de uma relação dos meios humanos e de equipamento (incluindo viaturas) que pretende afectar em exclusivo à obra.

Não poderá ser iniciado qualquer tipo de trabalho, exceptuando os de sinalização, sem que esteja assegurada pelo Adjudicatário a disponibilidade, em obra, do equipamento laboratorial e do pessoal devidamente habilitado, necessários para efectuar o seu “controlo de qualidade” permanente.

Este equipamento poderá ser também utilizado pela Fiscalização, sempre que esta o desejar.

O Adjudicatário deverá dispor na obra de equipamento suficiente para a realização dos ensaios que se discriminam nos quadros 3 e 4.

Quadro 3 – Designação e normas/especificações dos Ensaios em Solos, Rocha e agregados

Código do Ensaio	Designação do ensaio	Norma ou Especificação
TA	Teor em água de solos e agregados	NP-84
TMO	Teor em matéria orgânica	LNEC E 201
CP a)	Compactação pesada	LNEC E 197
BS	Baridade “in situ”: solos/agregados	LNEC E 204
LL	Limite de liquidez	NP 143
LP	Limite de plasticidade	NP 143
GR	Granulometria de solos e agregados	NP EN 933-1
EA	Equivalente de areia	NP EN 933-9
PEAA	Massa volúmica e absorção de água de inertes	NP 954; NP 581
CBR	Ensaio CBR	EN 13286-47
CBRim	Ensaio CBR imediato (CBR sem embebição e sem sobrecarga)	NF P94-087
Azmet	Determinação ao valor de azul de metileno	Afnor 18-592
ECP	Ensaio de carga com placa	Procedimento LCPC
Pmb	Percentagem de material britado	NLT 58/90
ELA	Ensaio de desgaste na máquina de “ Los Angeles”	NP EN 1097 – 2
FR	Ensaio de fragmentabilidade	NF P94-066
DR	Ensaio de degradabilidade	NF P94-067
IV	Determinação do índice de vazios	Macro ensaio – Procedimento LNEC

a) Proceder-se-á sempre à correcção da fracção superior a 19mm (3/4” ASTM)

Quadro 4 – Designação e normas/especificações dos Ensaios em cimentos

Código do Ensaio	Designação do ensaio	Norma ou Especificação
RTpeb-i	Resistência, por compressão diametral em provetes fabricados em laboratório (ensaio brasileiro), aos i dias	ASTM C 496
RTceb-i	Resistência por compressão diametral em carotes retiradas do pavimento	ASTM C 496

1.9.4. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS

O Adjudicatário obriga-se a satisfazer as frequências mínimas de ensaios indicados nos quadros seguintes, as quais, naturalmente, deverão ser ajustadas sempre que condições de heterogeneidade ou suspensão o determinem.

Para além destes ensaios, a fiscalização poderá tomar amostras e mandar proceder, por conta do Adjudicatário, a análises, ensaios provas em laboratórios certificados à sua escolha e, bem assim, promover as diligências necessárias para verificar se mantém as características do material.

No início de cada semana serão entregues à fiscalização os boletins dos ensaios realizados na semana anterior. Os boletins de ensaio a utilizar respeitarão a forma em uso.

Os ensaios serão sempre referenciados aos perfis transversais do projecto, normalmente de 25 m em 25 m.

Em obras na plataforma de estradas em exploração, a referência será concretizada relativamente aos marcos hectométricos e quilométricos.

Nas obras de beneficiação e em zonas de alargamento deve duplicar-se a frequência de ensaios definida neste item.

Os ensaios são identificados pelo código de referência indicado nas listas constantes em 1.9.3.- *Equipamento laboratorial para realização de ensaios.*

1.9.4.1. Materiais para aterros

Solos

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada escavação e/ou em cada 25.000m ³ escavados, ou sempre que haja alteração da natureza dos solos
LL	1	“
LP	1	“
TMO	1	“
EA	1	“
CP	1	“
PEAA	1	“
TA (*)	3	Por perfil em cada camada
BS (*)	3	Por perfil em cada camada

(*) Para cada tipo de solos a aplicar em aterro deve proceder-se à calibração do gamadensímetro com recurso a estufa, ou a outro método fiável, e ao método de garrafa de areia, a fim de se evitar erros grosseiros na determinação “in situ” do teor em água e da baridade. Esta operação deve ser repetida sempre que as condições de locais o aconselhem ou com uma periodicidade mínima de uma vez por mês.

Enrocamentos e Solo-Enrocamentos

Código de ensaio	Nº de ensaios / Período ou quantidade correspondente; critérios
ELA	(**)
GR	(**)
PEAA	(**)
IV	(**)
FR	(**)
DR	(**)

(**) Estes ensaios serão realizados no trecho experimental e quando forem solicitados pela Fiscalização em função da heterogeneidade dos materiais, com um mínimo de 1 ensaio por cada 50 000 m³ de aterro construído.

1.9.4.2. Materiais para a camada de Leito do Pavimento

Solos

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2 500 m3 ou p/dia de trabalho
LL	1	Por cada 2 500 m3 ou p/dia de trabalho
LP	1	Por cada 2 500 m3 ou p/dia de trabalho
EA	1	Por cada 2 500 m3 ou p/dia de trabalho
Azmet	1	Por cada 2 500 m3 ou p/dia de trabalho
CP	1	Por cada 10 000m3
CBR	1	Por cada 10 000m3
TA	3	Em cada 12,5m
BS	3	Em cada 12,5m
ECP	1	Em cada 2Km

Materiais granulares

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2 500 m3 ou 1 por dia
LL	1	Por cada 2 500 m3 ou 1 por dia
LP	1	Por cada 2 500 m3 ou 1 por dia
EA	1	Por cada 2 500 m3 ou 1 por dia
Azmet	1	Por cada 2 500 m3 ou 1 por dia
ELA	2	Por cada formação homogénea ou 1 p/dia
PEAA	1	Por cada 10 000m3 ou 1 p/dia
Pmb	1	Por cada 10 000m3 ou 1 p/dia
TA	3	Em cada 12,5m ou 1 por dia
BS	3	Em cada 12,5m ou 1 por dia
ECP	1	Em cada 2Km

Solos tratados com cal

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada dia de trabalho
LL	1	Por cada dia de trabalho
LP	1	Por cada dia de trabalho
CP	1	Por cada semana de trabalho
CBR(7d)	1	Por cada dia de trabalho
CBR im	1	Por cada dia de trabalho
TA	3	Em cada 12,5m
BS	3	Em cada 12,5m
ECP	1	Em cada 2Km

Solos tratados com cimento

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada dia de trabalho
LL	1	Por cada dia de trabalho
LP	1	Por cada dia de trabalho
CP	1	Por cada semana de trabalho
CBR(7d)	1	Por cada dia de trabalho
CBR im	1	Por cada dia de trabalho
RTpeb(7 e 28 d)	1	Por cada dia de trabalho
TA	3	Em cada 12,5m
BS	3	Em cada 12,5m
RTceb-i	1	Carote em cada 200m
ECP	1	Em cada 2Km

1.9.4.3. Geotêxteis

O Adjudicatário deverá apresentar, para cada fornecimento, um certificado do fabricante em que sejam indicadas a data e resultados de ensaios de controlo de fabrico.

Após a aprovação dos geotêxteis a utilizar na obra, o empreiteiro deverá enviar, por cada fornecimento, uma amostra de cada tipo a um laboratório certificado, com o objectivo de comprovar as características constantes dos fabricantes e previstas no Caderno de Encargos.

1.9.4.4. Materiais para camadas drenantes

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por dia de trabalho
EA	1	Por dia de trabalho

1.9.4.5. Materiais para drenos verticais de areia

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
EA	1	Por período de trabalho

1.9.4.5. Materiais para poços/ estacas de brita

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por semana de trabalho
EA	1	Por semana de trabalho

1.9.4.6. Materiais para máscaras drenantes

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por semana de trabalho

1.9.4.7. Materiais para esporões drenantes

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por dia de trabalho
EA	1	Por dia de trabalho

1.9.4.8. Materiais para valas/ trincheiras drenantes

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por semana de trabalho
EA	1	Por semana de trabalho

2

DRENAGEM

2.1. ESCAVAÇÃO EM TRABALHOS REALIZADOS PARA GARANTIA DA CONTINUIDADE DO SISTEMA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

A terraplenagem necessária para a concretização da continuidade do sistema de drenagem das águas superficiais corresponde normalmente à execução de:

- Valas para regularização, rectificação ou desvio de linhas de água;
- Valas de montante ou jusante na ligação às passagens hidráulicas, normalmente de grande secção.

Estes trabalhos deverão ser executados de acordo com os princípios e métodos estabelecidos no *Capítulo 1 – Terraplenagem*, deste Caderno de Encargos. É aplicável o que se refere aos processos construtivos e aos critérios de medição. No reperfilamento de valetas ou valas existentes adoptar-se-ão as mesmas especificações. Após a execução do reperfilamento de valetas e de valas existentes não serão permitidos quaisquer enchimentos.

2.2. PASSAGENS HIDRÁULICAS EM BETÃO

2.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

2.2.1.1. Betão

De acordo com o Decreto-Lei nº 301/2007, de 23 de Agosto, que estabelece as condições para a colocação no mercado dos betões de ligantes hidráulicos e para a execução de estruturas de betão, é obrigatório o cumprimento do especificado nas Normas *NP EN 206-1 – Betão. Parte 1: “Especificação, desempenho, produção e conformidade”* e na NP ENV 13670-1.

Nas condições determinadas pelo Decreto-Lei, os betões de ligantes hidráulicos e os aços para armaduras do betão armado, terão ainda de ser alvo de inspecções e ensaios de recepção cujos procedimentos estão descritos no Documento Nacional de Aplicação da NP ENV 13670-1.

Os materiais constituintes do betão são basicamente:

- Ligantes hidráulicos
- Água
- Agregados
- Aditivos e adjuvantes (eventualmente)

Todos eles devem obedecer às características definidas nos pontos seguintes.

Ligantes Hidráulicos

Os ligantes a utilizar na formulação de argamassas e betões estruturais serão de natureza hidráulica, devendo satisfazer as disposições insertas na NP EN 197-1 – *Cimento. Parte 1: “Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.”*, nas suas emendas NP EN 197-1/A1 e NP EN 197-1/A3 e em posteriores emendas que sejam publicadas. Nestas condições os cimentos a utilizar terão de obedecer aos tipos, composições, exigências mecânicas, físicas e químicas, estabelecidas naquela norma.

Em geral, o ligante hidráulico componente das argamassas e dos betões deve ser o cimento Portland, do tipo CEM I ou Portland Modificado do tipo CEM II/A das classes 42.5 R ou 52.5 R. Para condições ambientais agressivas (classes de exposição XS ou XA) deve utilizar-se um ligante de preferência do tipo CEM III, IV ou V das classes 32.5 ou 42.5, tendo em consideração o estabelecido na especificação LNEC E 464 – *Betões. “Metodologia prescritiva para uma vida útil de projecto de 50 e de 100 anos face às condições ambientais.”*

Todos os cimentos deverão ter a marcação CE.

O cimento deve ser preferencialmente nacional, de fabrico recente e acondicionado de forma a ser bem protegido contra a humidade. Deve ser fornecido a granel e em situações específicas em sacos. O que é fornecido a granel deve ser armazenado em silos equipados com termómetros. Quando fornecido em sacos não será permitido o seu armazenamento a céu aberto, devendo ser guardado com todos os cuidados indicados no artigo 9.6.2.1 da NP EN 206-1.

Será rejeitado todo o cimento que se apresente endurecido, com grânulos, ou que se encontre mal acondicionado ou armazenado e todo aquele que esteja em sacos abertos ou com indícios de violação. O cimento rejeitado deve ser identificado e retirado do estaleiro em obra.

A mistura em obra de adições aos cimentos só deve ser admitida em casos excepcionais devidamente justificados e quando a Indústria Cimenteira não produza, de forma corrente, cimentos certificados com características equivalentes.

Sem prejuízo do disposto no ponto anterior a junção de adições na fase de amassadura só pode ser admitida quando o cimento for CEM I ou CEM II/A da classe 42,5 N ou superior e tiver por objectivo a obtenção da durabilidade adequada para o betão de modo a satisfazer às Especificações e Normas em vigor.

De acordo com o anterior, a mistura de adições deve subordinar-se, no que lhe for aplicável, ao disposto na Especificação LNEC E 464.

É vedado o recurso a qualquer adição que não esteja coberta pelas seguintes Normas ou Especificações, de acordo com a Norma NP EN 206-1:

- **NP4220:1993** – *Pozolanas para betão. “Definições, especificações e verificação de conformidade.” e emenda NP 4220:1993/Errata: 1994*
- **NP EN 450-1:2005+A1:2008** – *Cinzas volantes para betão. Parte 1: “Definição, especificações e critérios de conformidade.”*
- **NP EN 15167-1:2008** – *Escória granulada de alto forno moída para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 1: “Definições, especificações e critérios de conformidade”.*
- **NP EN 12620:2004** – *“Agregados para betão.” e Especificação LNEC E 466- “Fíleres Calcários para ligantes hidráulicos”*
- **NP EN 13263-1:2007** – *Sílica de fumo para betão. Parte 1: “Definições, requisitos e critérios de conformidade.”*

O cimento a ser empregue no betão prescrito para um dado elemento de obra deve ser sempre que possível da mesma proveniência, comprovada por certificados de origem. Caso contrário, o Adjudicatário deve demonstrar através de ensaios a equivalência das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos cimentos empregues tendo em especial atenção a sua alcalinidade.

Agregados

Os agregados para betões de ligantes hidráulicos devem obedecer, no que respeita as suas características e condições de fornecimento e armazenamento, ao estipulado na NP EN 12620 – “Agregados para o betão” e na Especificação LNEC E467 – “*Guia para a utilização de agregados em Betões de ligantes hidráulicos*”. Deverão possuir marcação CE.

O Adjudicatário apresentará para aprovação da Fiscalização o plano de obtenção de agregados, lavagem e selecção, proveniência, transporte e armazenagem, a fim de se verificar a garantia da sua produção e fornecimento com as características convenientes e constantes, nas quantidades e dimensões exigidas.

Os elementos individuais do agregado grosso devem ser de preferência isométricos, não devendo o seu coeficiente de forma exceder os 20 % do peso total:

- Uma partícula é considerada chata quando $d/b < 0,5$ e alongada quando $L/b > 1,5$, sendo "b" a largura, "d" a espessura e "L" o comprimento da partícula.

A dimensão máxima do agregado grosso não deverá exceder 1/4 da menor dimensão da peça a betonar, e nas zonas com armaduras não deverá exceder 3/4 da distância entre varões, ou entre bainhas de cabos de pré-esforço.

O agregado grosso deve ser convenientemente lavado.

A areia deve ser convenientemente lavada e cirandada, se tal se mostrar necessário na opinião da Fiscalização.

Os agregados reciclados grossos devem seguir a especificação do LNEC E 471 – “*Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos*”, que determina as características dos materiais e as condições de utilização.

Sempre que a Fiscalização o exigir, serão realizados os ensaios necessários para comprovar que as características dos agregados respeitam o especificado na norma NP EN 12620 – *Agregados para betão* e na especificação LNEC E 467 – “*Guia para a utilização de agregados em betões de ligantes hidráulicos*.”

Água

A água a utilizar na obra, na confecção dos betões e argamassas e para a cura do betão, deverá na generalidade ser doce, limpa e isenta de matérias estranhas em solução ou suspensão. Aceita-se como utilizável a água que, empregue noutras obras, não tenha produzido eflorescências nem perturbações no processo de presa e endurecimento dos betões e argamassas com ela fabricados.

De qualquer forma a água a utilizar será obrigatoriamente analisada devendo os resultados obtidos satisfazer a Norma NP EN 1008: – *Água de amassadura para betão*. “*Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da*

indústria de betão, para o fabrico de betão.” e a especificação do LNEC E372 – “Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade”.

Adjuvantes

Os adjuvantes são incorporados nos betões com o fim de:

- Melhorarem a trabalhabilidade;
- Manter a trabalhabilidade reduzindo a água de amassadura;
- Aumentarem a resistência;
- Acelerar ou retardar a presa.

Estes não devem conter constituintes prejudiciais em quantidades tais que possam afectar a durabilidade do betão ou provocar a corrosão das armaduras.

Os adjuvantes a incorporar nos betões de ligantes hidráulicos terão de possuir marcação CE, devendo satisfazer o conjunto de exigências expressas na Norma NP EN 934-2 – *“Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 2: Adjuvantes para betão. Definições, requisitos, conformidade, marcação e etiquetagem”*. Assim ficam sujeitos a critérios de conformidade quanto às suas características de identificação, características de compatibilidade e características de comportamento enunciadas naquela norma, satisfazendo os critérios de conformidade exigidos por ela.

As condições e o tempo máximo de armazenamento dos adjuvantes em estaleiro devem observar as condições estipuladas pelo fabricante. Na ausência destas devem ser efectuados ensaios comprovativos de manutenção das características especificadas e comprovadas para os adjuvantes.

Em caso de dúvida sobre as características dos adjuvantes empregues ou a sua compatibilidade com quaisquer outros componentes do betão, a Fiscalização pode mandar efectuar os ensaios que entenda necessários.

O Adjudicatário deverá indicar à Fiscalização os adjuvantes e as percentagens que pretende adoptar na formulação dos diferentes betões, fazendo acompanhar essa indicação dos documentos de ensaio em laboratório oficial de todos os requisitos impostos na norma NP EN 934 – 2: *“Adjuvantes para betão. Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.”*

Na aplicação dos adjuvantes deverá seguir-se o estipulado no artigo 5.2.6 da NP EN 206-1.

O Adjudicatário deverá contemplar a informação relativa aos adjuvantes com ensaios sobre a variabilidade da trabalhabilidade dos betões com eles produzidos na primeira hora e das resistências aos 3, 7 e 28 dias de idade por forma a habilitar a Fiscalização com os elementos conducentes à aprovação da sua adopção.

Aço para Betão Armado

O aço das armaduras para betão será em varão redondo, laminado a quente, devendo satisfazer as prescrições em vigor que lhe forem aplicáveis.

Os aços do tipo corrente para armaduras ordinárias a utilizar nas obras, seja sob a forma de varões ou redes electrossoldadas, devem ser obrigatoriamente classificados pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em cumprimento do artigo 23º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de Julho.

Segundo o artigo 23º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), a utilização de outros tipos de armaduras não correntes, que não se enquadrem nas Especificações LNEC, deve ser obrigatoriamente precedida pela sua homologação pelo LNEC

De acordo com o Decreto-Lei nº 301/2007 de 23 de Agosto, a aceitação em obra das armaduras ordinárias, deve obrigatoriamente ser feita através da inspecção e dos ensaios de recepção previstos na NP ENV 13670-1, feito sem laboratórios acreditados. Os ensaios de soldadura de varões, ensaios de tracção e ensaios de dobragem serão realizados em conformidade com a EN ISO 17660.

2.2.1.2 Elementos Tubulares de Betão

Os tubos serão construídos em moldes indeformáveis, utilizando um betão de dosagem convenientemente estudada de forma a ter uma consistência aconselhável para a finalidade pretendida. O betão deverá ser bem compactado por centrifugação ou vibração.

As superfícies dos tubos devem apresentar a textura homogénea característica de um perfeito fabrico, sem indícios de deterioração ou pontos fracos que possam comprometer a sua resistência.

A absorção de água pelos tubos, determinada tal como se indica na Norma Europeia EN 1916 2002 – “*Tubos e acessórios de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado*”, não deve ser superior a 8%.

As tolerâncias admitidas quanto à diferença máxima entre diâmetro interior e diâmetro nominal são de 1%.

As forças de rotura por compressão diametral (F_c), determinadas como se indica na Norma EN 1916 não devem ser inferiores, para cada diâmetro e para cada tipo de tubo, às indicadas no quadro 5.

Quadro 5 – Tensões de rotura por Compressão Diametral Mínimas (KN/m)

	Classe II		Classe III		Classe IV		Classe V	
Diâmetro (mm)	F_c (kN/m)	EN 1916	F_c (kN/m)	EN 1916	F_c (kN/m)	EN 1916	F_c (kN/m)	EN 1916
1000	73	75	98	100	146	150	172	175
1200	88	75	117	100	176	150	208	175
1500	110	75	146	100	220	150	262	175
2000	146	75	195	100	293	150	358	175
2500	183	75	244	100	366	150	437	175

Os tubos terão obrigatoriamente marcação CE.

2.2.1.3. Estruturas em Betão

Para as passagens hidráulicas em betão executadas “in situ” adoptar-se-á em tudo o que lhe for aplicável o especificado em 2.2.1 – *Materiais constituintes dos betões e no capítulo referente às obras de arte.*

2.2.1.4. Estruturas pré – fabricadas em Betão

Os materiais a utilizar no fabrico das peças constituintes destas estruturas satisfarão ao especificado em 2.2.1.1 – *Betão.*

Todas as estruturas serão alvo de projecto específico que tenha em conta as condições de serviço.

A entrega das peças será acompanhada de certificado de garantia que incluirá:

- Data;
- Fornecedor e proveniência;
- Designação da empreitada;
- Empreiteiro;
- Localização e designação da estrutura;
- Perfil e dimensões;
- Tipo de betão;
- Controlo de qualidade dos betões sobre amostras colhidas durante a construção;
- Tipo de aço;
- Outros dados que se considerem importantes para o bom funcionamento da obra.

2.2.2.PROCESSOS CONSTRUTIVOS

2.2.2.1. Execução de Passagens hidráulicas de secção circular ou outra

Os tubos que constituem as passagens hidráulicas podem ser instalados em valas ou sobre fundação executada sobre o terreno natural. Neste segundo caso posteriormente à instalação da passagem hidráulica será realizado o aterro técnico como especificado no capítulo 1 – *Terraplenagens* em 1.6.5. *Aterros técnicos.*

A primeira técnica utiliza-se em zonas de escavação ou de aterro quando não se prevejam problemas de drenagem natural durante a fase de obra. A segunda é utilizada na generalidade dos casos em aterro e em particular, quando os diâmetros das passagens hidráulicas obrigam à abertura de valas de grande largura. Considera-se no entanto preferível sempre que possível a realização do aterro com posterior abertura da vala para instalação da tubagem.

1. Abertura de Valas

A abertura de valas para implantação destas passagens hidráulicas, a executar em terrenos de qualquer natureza, deverá ser efectuada com largura que permita um espaço livre mínimo, de cada lado do tubo de:

- 0,30 m para tubos de diâmetro menor ou igual a 1,00 m
- 0,70 m para tubos de diâmetro maior que 1,00 m.

No caso de se tratar de valas em rocha, não se considerará qualquer acréscimo nas medições, devendo o Adjudicatário tomar as necessárias providências de modo a evitar que o uso de explosivos provoque danos desnecessários nos maciços envolventes.

A profundidade das valas deve, em princípio, ser tal que o recobrimento total dos tubos seja, para condições correntes de fundação, pelo menos igual a vez e meia o seu diâmetro, não podendo em caso algum as camadas do pavimento ou do seu leito, assentar directamente sobre eles.

Sempre que os trabalhos não possam ser conduzidos de forma a assegurar o livre escoamento das águas, terá que proceder-se ao seu esgoto por bombagem, devendo o Adjudicatário dispor do equipamento para tal necessário.

O Adjudicatário executará por sua conta todos os trabalhos de entivação das paredes das valas que tiver que abrir, sempre que estes se manifestem necessários.

Se for verificado que o terreno do fundo da vala não tem firmeza suficiente para assentamento dos tubos, será a vala aprofundada como referido no ponto 3 nas *condições particulares de fundação*.

2. Regras Gerais para Assentamentos dos Tubos

Sempre que os tubos sejam instalados em valas, a execução destas e a verificação da regularidade do seu fundo terão que ser aprovadas pela Fiscalização antes de se proceder ao assentamento das tubagens.

Após a perfeita regularização do fundo da vala executar-se-á um leito para instalação da tubagem com os materiais e dimensões estipulados no projecto em função do tipo de assentamento preconizado.

Todos os tubos de betão serão analisados e aprovados pela Fiscalização antes do seu assentamento, tendo em vista impedir a utilização de quaisquer elementos defeituosos.

Os tubos serão assentes segundo linhas rectas, entre caixas de visita ou entre entradas e saídas de aquedutos, com as cotas e inclinações previstas no projecto.

Não é permitido o enchimento das valas, sem a prévia aprovação pela Fiscalização dos trabalhos executados.

3. Instalação de Elementos em Betão

Generalidades

Na instalação dos tubos (ou outras secções) em betão, deve ter-se em conta o especificado anteriormente no ponto 1 – *Abertura de Valas* e 2 – *Regras gerais para assentamento de tubos*.

O leito para assentamento da tubagem será executado de forma a cumprir os tipos de assentamento preconizados no projecto e especificados no ponto seguinte.

No assentamento, os tubos de betão serão justapostos nos topos, sendo estes ligados com argamassa de cimento ao traço de 150 kg de cimento/m³ de argamassa, com as juntas assim constituídas vedadas com corda embebida na argamassa ou por qualquer outro sistema que garanta a estanqueidade necessária.

Enquanto o tubo não estiver recoberto por uma altura de aterro suficiente, nunca inferior a meio diâmetro, nenhum veículo poderá circular sobre ele.

Quando se torne impraticável o recobrimento total dos tubos preconizado no ponto 1 – *Abertura de valas*, o que é corrente em traçados planos (situação em que os tubos são instalados em vala) ou em trabalhos de grande reparação que incluam a remodelação de aquedutos existentes, deverá proteger-se as tubagens procedendo-se ao seu envolvimento superior com um betão tipo C 12/15 com uma espessura mínima de 0,10 m e máxima de 0,30 m sobre a geratriz superior. Após a execução do referido envolvimento de protecção será executado o leito do pavimento, eventualmente antecedido do enchimento da vala com uma espessura mínima de 0,20 m. Nestes casos as valas deverão ser abertas com a menor largura possível.

Tipos de Assentamento

Para efeitos deste Caderno de Encargos consideram-se dois tipos de assentamento para as tubagens utilizadas em passagens hidráulicas:

No **tipo A** as tubagens são assentes sobre um leito de areia ou outro material granular insensível à água com características de sub-base com $D_{\text{máx.}} < 31,5$ mm, de modo a permitir um apoio perfeito da geratriz e da superfície inferior, garantindo-se deste modo um adequado confinamento e evitando o contacto com elementos rígidos da fundação.

No **tipo B** as tubagens são assentes sobre um coxim de betão tipo C12/15 que deverá ter as dimensões indicadas no projecto não podendo, no entanto, a sua espessura, ser inferior a 0,10 m e devendo acompanhar a curvatura da tubagem até uma altura igual a pelo menos um 1/4 do seu diâmetro.

Condições Particulares de Fundação

Se for verificado que o terreno do fundo da vala onde os tubos serão instalados não tem suficiente capacidade de suporte para o seu assentamento, esta será aprofundada até se encontrar terreno firme. Esse aprofundamento será preenchido com material satisfazendo o especificado no capítulo 3 – *pavimentos para materiais para camadas granulares com características de sub-base*. Este processo é limitado a um aprofundamento máximo de 0,50 m. A compactação do material de enchimento é feita em camadas com a espessura máxima de 0,20 m. Em casos especiais indicados no projecto, ou naqueles em que seja necessário proceder a um aprofundamento superior a 0,50 m, o enchimento correspondente será efectuado com betão ciclópico (tipo C 12/15 com 70% de pedra).

Será adoptado procedimento idêntico na fundação de passagens hidráulicas a instalar em zonas de aterro em que os terrenos de fundação não mostrem possuir à superfície suficiente capacidade de suporte.

No caso particular de fundação em rocha, esta deverá ser sobreescavada e regularizada de modo a ser possível garantir condições de assentamento do tipo A.

Em baixas aluvionares muito compressíveis devem ser utilizados preferencialmente tubos metálicos flexíveis. Quando tal não for possível, a fundação de passagens hidráulicas será realizada com estacas de madeira (eucalipto ou pinho) cravadas com afastamento de 0,50 m em pelo menos duas fiadas para tubos com diâmetro de $\leq 1,00$ m e três fiadas para diâmetros até 2,50 m. Poderá ser autorizado pela Fiscalização outro procedimento equivalente.

4. Aterro Adjacente aos Tubos e Enchimento de Valas

Quando os tubos forem instalados em zonas de aterro deverá proceder-se como especificado em 1.6.5. – *Aterros técnicos* do capítulo 1 – *Terraplenagem*, deste Caderno de Encargos.

Em alternativa, e sempre que as condições de drenagem durante a fase de obra o permitam, poderá ser executado previamente o aterro até uma cota que garanta no mínimo uma altura de 0,80 m sobre a geratriz superior da tubagem, sendo posteriormente aberta a vala para a sua instalação. Nestes casos aplicar-se-á o especificado anteriormente no ponto 1 – *Abertura de Valas*.

O terrapleno deve ser executado por camadas horizontais, alternadamente de um e de outro lado do tubo para que as cotas atingidas sejam sensivelmente iguais de ambos os lados, em camadas cuja espessura não poderá exceder os 0,20 m.

Na zona contígua ao tubo, quando instalado em valas, a compactação deverá efectuar-se com placas vibrantes ou cilindros vibradores de pequeno formato e com carga estática por unidade de comprimento de geratriz vibrante não excedendo 10 kg/cm. Nos outros casos utilizar-se-ão os equipamentos correntes e preconizados para a execução dos aterros técnicos, impondo-se contudo a necessidade de ter cuidados acrescidos na fase de compactação das camadas, nas zonas junto aos tubos, de modo a não os danificar.

Em ambos os casos deverá ser atingido um grau de compactação mínimo de 95% relativo ao ensaio Proctor Modificado e o teor em água não será superior a W_{opm}+1. Dadas as limitações impostas ao equipamento na zona contígua aos tubos, a espessura da camada a compactar deve ser ajustada de forma a viabilizar a obtenção da compactação especificada.

Deverá ser dada uma particular atenção às zonas inferiores dos tubos de modo a garantir o seu devido confinamento. Sempre que possível deverá ser utilizado no aterro dessas zonas areia e em casos de acesso particularmente difícil um betão fluido. No caso de tubagens instaladas em valas cuja geometria não permita este procedimento construtivo, o respectivo enchimento será efectuado com areia que será compactada por molhagem.

2.2.2.2. Execução de Passagens Hidráulicas de Secção Rectangular ou outras em Betão Armado

Quando se trate de passagens hidráulicas executadas “in situ” adoptar-se-á em tudo o que lhe for aplicável, o especificado no capítulo referente às *obras de arte* relativo à execução de peças em betão armado.

No que se refere à execução da fundação e preparação das condições de implementação destas passagens hidráulicas ser-lhe-á aplicável o especificado em 2.3.2.1. – *Assentamento dos Tubos para execução de PH's metálicas de secção circular ou outras*, para as condições correntes da fundação.

Quando as passagens hidráulicas forem constituídas por elementos prefabricados adoptar-se-ão os métodos e técnicas construtivas especificados em 2.1 – *Escavação em trabalhos realizados para garantia da continuidade do sistema de águas superficiais* e 2.2.2.1. *Passagens hidráulicas de secção circular ou outra*, relativos à preparação da zona para a sua implantação e à instalação dos elementos.

2.2.2.3. Execução de Bocas

Em tudo o que lhe for aplicável adoptar-se-á, no que se refere à preparação da zona para implantação das bocas das passagens hidráulicas, os métodos e técnicas construtivas especificados no ponto 1 – *Abertura de Valas*.

A sua execução obedecerá aos desenhos de pormenor e adoptar-se-á em tudo o que lhe for aplicável o especificado no capítulo referente às *obras de arte* no que for relativo à execução de peças em betão armado.

2.3. PASSAGENS HIDRÁULICAS METÁLICAS

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Todas as estruturas a colocar em obra serão previamente submetidas à aprovação da Fiscalização. Para este efeito o Adjudicatário entregará, com 30 dias de antecedência, um estudo que compare a adequabilidade das soluções propostas que terá em conta as condições de serviço incluindo a agressividade (ph) das águas afluentes.

O estudo referirá o seguinte:

- Tipo de aço;
- Galvanização;
- Elementos fixação;
- Protecções;
- Especificações para a colocação em obra.

Todas as peças constituintes de cada estrutura deverão possuir uma gravação que identifique o fabricante.

A entrega das peças em obra será acompanhada de um certificado de garantia a fornecer à Fiscalização, e passado pelo fabricante, que incluirá:

- Data de fabrico;
- Fornecedor e proveniência;
- Designação da empreitada;
- Empreiteiro;
- Localização e designação da estrutura.

2.3.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

2.3.2.1. Execução de Passagens hidráulicas (PH's) de secção circular ou outras

As tubagens metálicas para PH's são normalmente circulares, elípticas ou abobadadas.

Podem ser instaladas em valas ou sobre fundação executada sobre o terreno natural. Neste segundo caso, posteriormente à instalação da passagem hidráulica, será realizado o aterro técnico como especificado no capítulo 1 – *Terraplenagens* em 1.6.5. – *Aterros técnicos*.

O processo construtivo para a sua execução é o descrito nos pontos seguintes. Devem também ser sempre seguidas as recomendações dos fabricantes.

Abertura de Valas

Será aplicado tudo o especificado no ponto 1 – *Abertura de Valas* em 2.2.2.1. – *Passagens hidráulicas de secção circular ou outra*.

Assentamento dos Tubos

Os tubos devem assentar sobre um leito estável e resistente, mas não rígido, desprovido de pedras ou de pontas duras, que possam provocar uma deterioração do material por punçoamento.

No caso do terreno de fundação possuir capacidade de suporte adequada, com consistência uniforme e regular, a estrutura é colocada directamente sobre ele. Caso contrário deverá ser executada uma camada em material granular satisfazendo ao especificado no capítulo 3 – *Pavimentação para materiais para camadas granulares com características de sub-base*. A espessura mínima desta camada será de 0,30 m a 0,5m (consoante a capacidade de suporte da fundação) e terá uma largura igual a:

- 2D no caso de secções circulares (sendo D o diâmetro da tubagem);
- $L + 2,0$ m no caso de secções abobadadas (sendo L a largura máxima da secção).

A camada referida estender-se-á a todo o comprimento do tubo.

Nos terrenos rochosos deverá ser feita uma camada de apoio, com material granular, bem compactado e de espessura adequada. Quando as condições de fundação forem desfavoráveis, nomeadamente quando se trate de materiais aluvionares compressíveis, será colocada sob esta camada, e imediatamente sobre o solo de fundação, uma manta de geotêxtil que satisfaça ao especificado 1.5.1. para *geotêxteis com função de separação e/ou filtro em solos de fundação muito compressíveis* do capítulo 1 – *Terraplenagem* deste Caderno de Encargos. Nos casos em que aquelas condições forem muito desfavoráveis (quando se verificar que esta camada não suporta o peso do equipamento de espalhamento) será ainda colocada sobre a camada uma outra manta do mesmo geotêxtil e sobre ela executada uma nova camada de material granular, com a mesma espessura da precedente, preparando-se assim o leito para o assentamento da tubagem.

No caso de montagem de tubagens em bateria o espaçamento mínimo entre estruturas deverá ser o definido no projecto.

Execução do Aterro

O aterro deverá ser executado de acordo com as especificações definidas no capítulo 1 – *Terraplenagens* em 1.6.5. – *Aterros técnicos*. Os materiais usados poderão ser os produtos escavados desde que não contenham matérias orgânicas (turfas), inconsistentes (aluviões ou lodo) ou pedras.

Quando nada for definido no projecto a geometria do aterro será a definida no capítulo 1 – *terraplenagens* deste Caderno de Encargos em 1.6.5. *Aterros técnicos*.

Recobrimento dos tubos

A altura mínima do recobrimento a executar sobre o tubo depende do tipo de tubo e do seu diâmetro estando especificado nas tabelas técnicas dos fabricantes e devendo estar referido no projecto.

2.3.2.2. Execução de Bocas

Aplicar-se-á o definido em 2.2.2.3. *Execução de Bocas* nas passagens hidráulicas em betão.

2.4. VALETAS E VALAS

2.4.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA O REVESTIMENTO

O revestimento será executado segundo os desenhos de pormenor com betão tipo C 16/20 de acordo com o especificado em 2.2.1.1 – *Betão*.

Quando forem utilizados com elementos “prefabricados” os enchimentos necessários para a selagem das valas ou roços abertos para a sua instalação serão feitos com betão tipo C 12/15.

Quando as valas forem revestidas com enrocamento, este deverá ser constituído por pedra de boa qualidade e com dimensões entre 200 e 400 mm.

No caso de se utilizarem colchões de gabiões do tipo reno no revestimento de valas, estes deverão satisfazer ao especificado no capítulo 4 – *obras acessórias*.

2.4.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

As valetas e valas consideradas são as previstas nas rúbricas de trabalhos rodoviários.

Abertura e/ou Reperfilamento

Os trabalhos de terraplenagem necessários à sua abertura e/ou reperfilamento serão executados com os meios apropriados de acordo com as regras da “arte”.

Após esta operação não serão permitidos enchimentos de modo a repor o seu reperfilamento, pelo que os trabalhos devem ser executados com o máximo cuidado.

Revestimento

As valas e valetas revestidas serão executadas segundo desenho de pormenor e preferencialmente betonadas “in situ” com betão tipo C 16/20 e na espessura de 0,10 m. Recorrer-se-á a equipamento de extrusão, a betonagens alternadas com aplicação de cofragens fixas ou cofragens deslizantes.

O betão para revestimento das valetas deve ser aplicado sobre a fundação constituída por um material granular com características idênticas às preconizadas para os drenos longitudinais em 2.5.1.2. *Agregados* e com espessura mínima de 0,10 m. A fundação considera-se incluída no preço contratual para execução de valeta revestida.

O revestimento pode ainda ser materializado recorrendo à utilização de peças préfabricadas. Nestes casos, e independentemente da sua secção, as peças serão assentes sobre uma fundação de betão com a espessura mínima de 0,10 m, executada em contínuo sob todas as peças e não só sob as juntas.

Nos restantes casos previstos nas rúbricas de medições (valas de crista de talude e valetas de banquetas) a betonagem dos respectivos revestimentos deve ser efectuada contra o terreno natural ou contra as paredes das valas abertas para o efeito, sem qualquer enchimento prévio para regularização ou reperfilamento.

As valetas de plataforma revestidas e as valetas de bordadura de aterros serão construídas antes da execução da camada de desgaste das bermas. Nestes casos as misturas betuminosas usadas na camada de desgaste rematarão contra os órgãos de drenagem, evitando-se assim a execução de enchimentos posteriores com argamassas hidráulicas entre os dois materiais, que normalmente fissuram, comprometendo o funcionamento do sistema de drenagem.

A compactação das misturas betuminosas nestas zonas deve ser feita com especial cuidado de modo a evitar a danificação destas valetas. Recomenda-se nestes casos uma redução nos parâmetros de controlo exigidos para as condições normais de execução.

Quando os revestimentos forem executados com elementos prefabricados, os enchimentos necessários para selagem das valas ou roços abertos para a sua instalação serão feitos com betão tipo C 16/20.

2.5. DRENOS DE PLATAFORMA (LONGITUDINAIS E TRANSVERSAIS)

Os drenos de plataforma, longitudinais podem ser:

- Tradicionais: constituídos por materiais granulares e eventualmente tubo de escoamento envolvidos por geotêxteis;
- Écrans drenantes em elementos préfabricados ou material granular envolvido por geotêxtil.

Os drenos tradicionais são executados sob valetas revestidas e destinam-se à intercepção ou rebaixamento de níveis freáticos. Quando aplicados sob valetas revestidas e quando se destinam apenas a manter o estado hídrico da fundação do pavimento é corrente designar os drenos de plataforma longitudinais com altura inferior ou igual a 1,20 m por drenos de respiração.

Os ecrãs drenantes visam a captação das águas de infiltração provenientes da estrutura do pavimento, da sua fundação ou da berma, não dispensando, portanto, a utilização daqueles quando as condições “in situ” o exijam. São normalmente colocados no limite do pavimento (nunca sob a valeta) independentemente da sua constituição. Quando compostos por elementos prefabricados são constituídos por dois panos de geotêxtil que constituem o filtro e envolvem uma armadura de plástico rígido formando este conjunto a chamada alma drenante. Podem estar ou não associados a um coletor na zona inferior da alma.

Os drenos transversais são normalmente drenos do tipo tradicional mas não dispõem de tubo de escoamento.

2.5.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

2.5.1.1. Tubos de escoamento em betão ou PVC

O betão deverá satisfazer o indicado em 2.2.1.1 – *Betão*.

Os tubos de betão circulares deverão ter o diâmetro definido nos desenhos de pormenor e ser de betão poroso ou com furos de 0,01 m de diâmetro satisfazendo a especificação EN 1916.

As tolerâncias admitidas quanto à diferença máxima entre diâmetro interior e diâmetro nominal são de 1%.

No caso de se utilizar tubos porosos devem ser de betão com poucos finos de modo a assegurar-se uma capacidade aceitável de filtração. Considera-se necessária uma superfície mínima de poros superior a

20% da superfície do tubo. A capacidade de absorção será menor que 50 litros/minuto.cm² sob uma pressão monostática de 10 N/cm². A força de rotura mínima, por compressão diametral, será de 20 KN /m.

No caso de serem utilizados tubos com furos deverão ser simples e providos de furos em cerca de 160° da sua circunferência. Serão construídos segundo processos idênticos aos indicados para os tubos de betão em geral e a sua superfície interior isenta de quaisquer irregularidades que dificultem o escoamento das águas. Deverão ainda apresentar, em ensaio de compressão diametral, uma resistência média mínima de 25 KN/m.

Os materiais “préfabricados”, em PVC, devem ser acompanhados, aquando da sua entrada em estaleiro, de certificados de origem e qualidade de fabrico, passados pelo fabricante, comprovativos das especificações constantes deste Caderno de Encargos. Devem ainda obedecer a:

- Sendo nacionais, às normas portuguesas, documentos de homologação de laboratórios oficiais, regulamentos em vigor e especificações deste Caderno de Encargos;
- Sendo estrangeiros, às normas e regulamentos em vigor no país de origem, desde que não existam normas nacionais aplicáveis. No entanto, os certificados deverão ser passados por laboratórios de reconhecida idoneidade, confirmada pelos laboratórios oficiais e/ou entidades oficiais;
- Especificações do fabricante.

As dimensões e os materiais constituintes deverão ainda apresentar as características discriminadas neste Caderno de Encargos, ou outras equivalentes, desde que patenteadas e previamente aprovadas pela Fiscalização.

2.5.1.2. Agregados

A granulometria dos materiais a utilizar na construção de drenos deve respeitar o seguinte fuso:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
31,5 mm (1 1/4")	75 - 100
19,0 mm (3/4")	55 - 85
9,5 mm (3/8")	40 - 70
4,75 mm (nº 4)	0 - 10
2,00 mm (nº 10)	0 - 8
0,075 Mm (nº 200)	0 - 2

2.5.1.3. Geotêxteis

Os geotêxteis a aplicar na obra, deverão ser submetidos à aprovação da Fiscalização, acompanhados de certificados de origem e ficha técnica, bem como dos resultados do controlo de fabrico e referência de obras em que tenha sido aplicado com idênticas funções.

Nenhum tipo de geotêxtil poderá ser aplicado em obra sem a prévia aprovação da Fiscalização, pelo que o seu estudo deverá ser apresentado com, pelo menos, um mês de antecedência.

Deverá ser imputrescível, insensível à acção de ácidos ou bases, inatacável por micro-organismos ou insectos e possuir as características mínimas estipuladas para as funções a que se destinam, definidas no projecto. Deverá apresentar textura e espessura homogéneas, sem defeitos, devendo ser protegido durante o armazenamento, dos raios solares, de sais minerais, de poeiras, chuva ou gelo. No caso de ter havido deficiência no transporte, armazenamento ou manuseamento, ter-se-ão de eliminar as primeiras espiras do rolo com defeito.

As características do geotêxtil deverão ser fixadas no projecto, fazendo-se o seu dimensionamento em função das condições específicas locais.

Independentemente do dimensionamento referido, que terá de ser realizado para cada caso particular, preconizam-se os seguintes valores limite, a adoptar para as características dos geotêxteis a utilizar em drenos longitudinais e transversais:

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima 7 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima 40%
- Resistência ao punçamento (NP EN ISO 12236) 1,0 kN
- Permissividade (NP EN ISO 11058), mínima 1,0 s-1
- Porometria (NP EN ISO 12956), máxima 100 µm

2.5.1.4. Betão e Membranas para impermeabilização da soleira

O betão para impermeabilizar o fundo dos drenos deverá cumprir o especificado em 2.2.1.1 – *Betão*. Quando forem usadas membranas, estas devem cumprir o especificado em 2.5.1.1. para os materiais pré-fabricados para tubos de escoamento em betão ou PVC.

2.5.1.5. Ecrãs Drenantes

Serão respeitadas as dimensões previstas no projecto e os materiais deverão cumprir o especificado em 2.5.1.1. para os materiais pré-fabricados para tubos de escoamento em betão ou PVC.

2.5.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Os drenos de plataforma, longitudinais e transversais serão executados de acordo com os respectivos desenhos tipo de projecto. Deverão ser seguidas as indicações referidas nos pontos seguintes.

Localização

Serão construídos drenos longitudinais sempre que o nível freático ou o aparecimento de nascentes assim o determinem. A sua execução será sempre precedida da aprovação da sua localização pela Fiscalização, independentemente dos troços já indicados no projecto. A extensão deverá ser ajustada em obra de acordo com as condições específicas locais e segundo o parecer da Fiscalização.

No que se refere aos écrans drenantes, eles dispõem de uma alma drenante com uma altura mínima de 0,50 m e serão instalados no limite do pavimento, a 0,50 m do limite interior da guia, a uma profundidade tal que garanta a localização do limite superior da alma drenante 0,10 a 0,20 m no interior das camadas do leito do pavimento ou granulares, de acordo com o definido no projecto.

Serão sempre previstos drenos transversais na transição entre as escavações e os aterros e no limite das lajes de transição junto das obras de arte.

Os drenos transversais a executar na transição entre as escavações e os aterros serão implantados cerca de 10 m dentro da escavação no limite da última camada de aterro anterior à execução do leito do pavimento. Nestes casos os drenos transversais devem ser implantados com viés em relação ao eixo e com uma inclinação mínima de 1% de modo a facilitar as condições de escoamento.

Abertura de Valas

A abertura de valas para execução de drenos tradicionais deverá ser executada com a largura especificada e adequada para cada tipo de dreno, conforme definido nas peças desenhadas, e de jusante para montante em relação aos caudais a drenar/escoar.

Deve ser dada particular atenção à escolha dos equipamentos a utilizar e às condições de execução da abertura das valas de modo a não danificar ou instabilizar os taludes de escavação. Quando tal não for conseguido o Adjudicatário promoverá, sem aumento de encargos, a sua regularização à custa de enchimentos com enrocamento (200/400 mm) argamassado. Sempre que as formações ocorrentes façam prever a possibilidade de se verificar instabilidade dos taludes, resultante da abertura das valas, este trabalho deverá ser feito por troços de comprimento não superior a 25m.

O Adjudicatário executará, por sua conta, todos os trabalhos de entivação das paredes das valas que tiver que abrir, sempre que estes se manifestem necessários.

No caso de valas em rocha não se considerará qualquer acréscimo nas medições, nos volumes escavados ou na quantidade de materiais de enchimento, resultante das diferenças existentes relativamente à geometria de projecto, associadas estas ao processo construtivo utilizado, nomeadamente no recurso a explosivos.

No caso específico de abertura de valas em que seja necessário o recurso a explosivos ou a meios mecânicos de grande potência, o Adjudicatário deve tomar todas as precauções para não instabilizar e/ou afectar a plataforma onde apoiará o pavimento. Este problema assume particular importância em obras de beneficiação em que esta operação poderá causar danos graves nos pavimentos existentes. Nestes casos o Adjudicatário será responsável pelas eventuais reparações do pavimento comprovadamente resultantes dos trabalhos de instalação do dreno longitudinal.

No caso dos écrans drenantes a vala pode ser aberta recorrendo a técnicas e equipamentos tradicionais ou pode ser executada por equipamento específico que também instala o écran e aterra o espaço excedente em operações sequenciais.

Enchimento de Valas

O enchimento da vala que constituirá o dreno será feito com os materiais para cada caso especificados neste Caderno de Encargos ou com materiais naturais de características equivalentes, desde que fique garantida as suas condições de funcionamento.

Superiormente será feito um recobrimento com o material granular para tal especificado, numa espessura mínima de 0,30 m e aplicado por sub-camadas com 0,15 m de espessura. Na sua compactação recorrer-se-á a placas vibrantes ou a cilindros vibradores de pequeno formato com carga estática por unidade de comprimento de geratriz vibrante não excedendo 15 kg/cm.

Tubos de Escoamento

Serão utilizados tubos perfurados de betão simples ou de PVC, rígido ou nervurado, assentes sobre betão tipo C 12/15 quando se trate de drenos de intercepção, ou sobre areia ou material permeável quando se trate de drenos para rebaixamento do nível freático.

A espessura mínima da fundação ou da almofada de assentamento, independentemente da sua natureza, será de 0,10 m.

Em princípio, e sempre que possível, a inclinação longitudinal dos drenos não deve ser inferior a 0,5%.

Quando se utilizem tubos de PVC rígido ou reforçado, e sempre que não exista experiência suficiente na sua utilização, as condições de utilização e de colocação em obra devem satisfazer às especificações do fabricante.

Envolvimento de Drenos com Geotêxtil

As valas a revestir com geotêxtil filtrante deverão estar bem alisadas, quer no fundo quer lateralmente, de modo a que o geotêxtil encoste às paredes e ao fundo da vala, evitando-se sempre o estabelecimento de “pontes” sobre cavidades do solo, ou situações em que o geotêxtil venha a ser ferido por rochas salientes. O geotêxtil deve ser colocado de maneira a ficar liso mas sem ficar sob tensão e deverá ser seguro com grampos. As eventuais sobreposições deverão ser de 0,30 m e também fixadas por grampos. Estes poderão ser constituídos por ferros de aço com Ø6 mm e 30 cm de comprimento, dobrados em três segmentos iguais.

Quando se trate de envolver um dreno para rebaixamento do nível freático, o geotêxtil deverá proteger a almofada de assentamento em areia ou noutro material permeável. Esta será portanto executada sobre ele. No caso de assentamento em betão, o geotêxtil será aplicado sobre o tubo.

O material drenante de enchimento deverá ser vertido com precaução suficiente para não deslocar o geotêxtil da sua posição, nem danificar o tubo.

Para facilitar aquela operação e também para minimizar o consumo de grampos, poderá fixar-se o geotêxtil ao longo dos bordos da vala introduzindo barras de aço de contraventamento transversal, apoiadas em pequenas placas de madeira para não ferir o geotêxtil.

As barras terão a secção mínima compatível com o desempenho das suas funções, com vista a não perturbar o processo de enchimento da vala, sendo retiradas quando este estiver quase concluído.

Superiormente, a sobreposição das abas do geotêxtil deve ser igual ou superior a 0,30 m e fixada por grampos.

Bocas

A saída dos drenos deve ser garantida na intercepção com as valetas ou com as valas de pé de talude, através de uma boca simples, argamassando o tubo de escoamento ao revestimento da valeta ou da vala de modo a evitar a sua erosão.

Quando for necessário, face às condições locais, executar uma saída diferente, construir-se-á uma boca simples que garanta a fixação do tubo e evite a erosão da soleira. Em tudo o que lhe for aplicável, adoptar-se-á no que se refere à preparação da zona para a sua implantação os métodos e técnicas construtivas especificadas no ponto 1 - *Abertura de valas* do sub capítulo 2.2.2.1. *Execução de Passagens hidráulicas de secção circular ou outra.*

Em relação à sua execução adoptar-se-á, em tudo o que lhe for aplicável, o especificado no capítulo referente às obras de arte relativo à execução de peças em betão armado.

2.6. CAMADAS DRENANTES (SOB O PAVIMENTO)

2.6.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

2.6.1.1. Materiais Drenantes

O material a utilizar na camada drenante sob o pavimento, de preferência britado, deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A granulometria deverá integrar-se no seguinte fuso:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
31,5 mm (1 1/4")	75 - 100
19,0 mm (3/4")	55 - 85
9,5 mm (3/8")	40 - 70
4,75 mm (nº 4)	0 - 10
2,00 mm (nº 10)	0 - 8
0,075 mm (nº 200)	0 - 2

- Percentagem máxima de desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria F) 40%

2.6.1.2. Geotêxteis

As características do geotêxtil deverão ser fixadas no projecto, fazendo-se o seu dimensionamento em função das condições específicas locais.

Independentemente do dimensionamento referido que tem de ser realizado para cada caso particular, preconizam-se os seguintes valores limite, a adoptar para as características dos geotêxteis a utilizar em camadas drenantes sob o pavimento:

- Resistência à tracção (EN ISO 10319), mínima..... 15 kN/m
- Extensão na rotura (EN ISO 10319), mínima 50%
- Resistência ao punçamento (NP EN ISO 12236).....2,0 kN
- Permissividade (NP EN ISO 11058), mínima.....1,0 s-1
- Porometria (NP EN ISO 12956), máxima..... 150 µm

2.6.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Quando os sistemas de drenagem tradicionais se mostrem insuficientes para resolver os problemas emergentes da presença abundante de água ao nível do leito do pavimento (áreas “artesianas”; presença de horizontes impermeáveis a relativamente curta distância da rasante, etc.), a Fiscalização poderá implementar a execução de uma camada drenante, em material granular associado a geotêxteis.

O geotêxtil inferior será assente sobre o terrapleno, depois de modelado e reperfilado de modo a possibilitar uma inclinação transversal mínima de 4%, para os drenos longitudinais que são previamente executados e que captarão a água recolhida pela camada drenante. Na aplicação do geotêxtil serão sempre respeitadas as sobreposições de 30 cm, quando necessárias.

Dadas as condições em que normalmente se encontram os solos sobre os quais são executadas estas camadas, deve procurar aguardar-se condições climáticas favoráveis de modo a ser possível a utilização de equipamentos correntes. Quando tal não for possível deve garantir-se que as escavações são terminadas 0,30 m acima da cota final de modo a permitir que a execução dessa escavação seja feita imediatamente antes da construção da camada drenante. Esta operação deverá assim, ser essencialmente efectuada à custa de escavações com rectro-escavadora de rotação total, de modo a remexer o mínimo possível a plataforma onde irá assentar a camada drenante. Quando se torne necessário aterrar para correcção de cotas, deverá recorrer-se se possível, ao aumento da espessura da camada drenante, ou a materiais idênticos aos especificados para executar saneamentos ao nível do leito do pavimento.

O espalhamento do material drenante deverá ser feito por intermédio de um tractor de lâmina e de modo a depositar uma espessura de material não inferior a 30 cm, recorrendo para o efeito à técnica de deposição em cordão utilizada na construção de aterros de enrocamento. O tractor deverá começar por espalhar o material em espessura forte, reduzindo-a em cada passagem e de modo a que nunca circule a menos de 30 cm da superfície do geotêxtil, cuja integridade deverá ser preservada.

Deverá proceder-se à compactação da camada com cilindros vibradores, com vista a promover o arranjo das partículas do agregado, mas nunca causando perfurações no geotêxtil. A estabilidade final deverá ser suficiente para permitir a marcha de uma viatura pesada carregada sem que os pneus se enterrem na superfície da camada.

O geotêxtil de recobrimento da camada drenante deverá ser colocado imediatamente antes da realização da camada sobrejacente, com sobreposições de 30 cm quando necessárias. Sobre ele não poderá circular o tráfego de obra.

O espalhamento dos materiais de recobrimento, que integrarão o leito ou a primeira camada do pavimento, será feito tendo em atenção o já referido anteriormente para o material drenante.

2.7. COLECTORES

2.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

O betão a utilizar na execução dos tubos deverá satisfazer o especificado em 2.2.1.1 – *Betão*.

Os tubos serão construídos em moldes indeformáveis, utilizando um betão de dosagem convenientemente estudada de forma a ter uma consistência aconselhável para a finalidade pretendida. O betão deverá ser bem compactado por centrifugação ou vibração.

As superfícies dos tubos devem apresentar a textura homogénea característica de um perfeito fabrico, sem indícios de deterioração ou pontos fracos, que possam comprometer a sua resistência. A absorção

de água pelos tubos, determinada tal como se indica na Norma Europeia EN 1916, não deve ser superior a 8%.

As tolerâncias admitidas quanto à diferença máxima entre diâmetro interior e diâmetro nominal são de 0,6%.

As forças de rotura por compressão diametral, determinadas como se indica na Norma EN 1916 não devem ser inferiores, para cada diâmetro e para cada tipo de tubo, às indicadas no quadro 6.

Quadro 6 – Tensões de rotura por Compressão Diametral Admissíveis (KN/m)

Diâmetro (mm)	Classe I		Classe II		Classe III		Classe IV		Classe V	
	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916
200	30	150	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
300	33	110	20,5	75	28	100	43	150	50,5	175
400	41	110	28	75	38	100	58	150	68	175
500	54	110	35,5	75	48	100	73	150	85	175
600	60	100	43	75	58	100	88	150	103	175
800	-----	-----	58	75	78	100	117	150	138	175

Os materiais “prefabricados” deverão satisfazer as exigências especificadas em 2.2.1.4. *Estruturas pré-fabricadas em Betão*

2.7.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Os tubos que constituem os colectores devem ser instalados em valas de acordo com os procedimentos descritos.

Abertura de Valas

A escolha dos meios de escavação fica ao arbítrio do Adjudicatário, devendo este ter sempre em vista a boa execução dos trabalhos e as condições de segurança dos operários.

A abertura de valas para implantação dos colectores, a executar em terrenos de qualquer natureza, deverá ser efectuada com largura que permita um espaço livre mínimo, de cada lado do tubo de 0,3m. No caso de valas mais profundas do que 2m deverá ser aumentada ainda mais a largura da vala dependendo também de modo proporcional ao aumento do diâmetro do tubo.

Em obras de reabilitação, quando existem pavimentos a levantar, deverá considerar-se uma faixa de remoção do pavimento um pouco mais larga do que a largura da vala a que diz respeito, no mínimo mais 0,25 m para cada lado.

Em valas em rocha, não se considerará qualquer acréscimo nas medições, devendo o Adjudicatário tomar as necessárias providências de modo a evitar que o uso de explosivos provoque danos desnecessários nos maciços envolventes e cumprindo todos a legislação em vigor.

Antes da abertura das valas deverá marcar-se cuidadosamente o seu traçado. Para garantir o alinhamento entre câmaras de visita, poderá utilizar-se um fio esticado paralelamente ao eixo do colector que se vai assentar, e disposto superior ou lateralmente, ao qual se vai procurando encostar os tubos.

A profundidade das valas deve, em princípio, ser tal que o recobrimento total dos tubos seja, para condições correntes de fundação, pelo menos 1m. Esta profundidade pode ser reduzida nos passeios e em ruas estreitas de zonas urbanas antigas que não permitam o trânsito de volume de veículos significativos com vista a facilitar a execução das obras. Neste caso a tubagem deve ser envolvida por uma camada de betão pobre de 200kg/m^2 com espessura mínima de 0,10m.

As inclinações serão as definidas no projecto.

Sempre que os trabalhos não possam ser conduzidos de forma a assegurar o livre escoamento das águas, terá que proceder-se ao seu esgoto por bombagem, devendo o Adjudicatário dispor do equipamento para tal necessário.

O Adjudicatário executará por sua conta todos os trabalhos de entivação das paredes das valas que tiver que abrir, sempre que estes se manifestem necessários, para que não haja perigo de desmoronamentos.

O fundo da vala deverá ser perfeitamente regularizado e compactado, ficando sem covas e sem ressaltos. Quando este for rochoso deverá aprofundar-se a escavação de 0,10m para a realização de uma almofada de terra isenta de pedras ou corpos duros.

Assentamentos dos Tubos

A execução das valas e a verificação da regularidade do seu fundo terão que ser aprovadas pela Fiscalização antes de se proceder ao assentamento das tubagens.

Após a perfeita regularização do fundo da vala, executar-se-á um leito para instalação da tubagem, com os materiais e dimensões estipulados no projecto, função do tipo de assentamento, que pode ser do tipo A ou do tipo B definidos anteriormente em 2.2.2.1. em *tipos de assentamento*.

As tubagens assentes sobre um leito de areia ou outro material granular insensível à água com características de sub-base com $D_{\text{máx.}} < 31,5 \text{ mm}$ (Tipo A), devem permitir um apoio perfeito da geratriz e da superfície inferior, garantindo-se deste modo um adequado confinamento, e evitando o contacto com elementos rígidos da fundação.

No caso de se verificar fraca consistência do fundo da vala que possa levar ao assentamento da tubagem poderá ser feita a substituição do terreno de fundação e inclusivamente ser feito um assentamento sobre um coxim de betão tipo C12/15 (Tipo B) que deverá ter as dimensões indicadas no projecto não podendo, no entanto, a sua espessura, ser inferior a 0,10 m e devendo acompanhar a curvatura da tubagem até uma altura igual a pelo menos um 1/4 do seu diâmetro.

Poderá eventualmente ser considerada a colocação de colectores directamente sob o solo de fundação se este apresentar uma boa capacidade de suporte e estiver regularizado. Contudo deverá sempre ser colocada uma camada de areia de pelo menos 0,10m.

Todos os tubos de betão serão analisados e aprovados pela Fiscalização antes do seu assentamento, tendo em vista impedir a utilização de quaisquer elementos defeituosos.

Os tubos serão assentes segundo linhas rectas, entre caixas de visita ou entre entradas e saídas de aquedutos, com as cotas e inclinações previstas no projecto. O assentamento será feito de jusante para montante, devendo haver sempre o cuidado de lhes dar apoio em toda a sua extensão e de garantir o perfeito alinhamento, tanto a nível vertical como a nível horizontal.

No assentamento, os tubos de betão serão justapostos nos topos, sendo estes ligados com argamassa de cimento ao traço de 150 kg de cimento/m³ de argamassa, com as juntas assim constituídas vedadas com corda embebida na argamassa ou por qualquer outro sistema que garanta a estanqueidade necessária. A execução das juntas deverá ser objecto de particular cuidado, de modo a garantir-se o seu preenchimento em todo o perímetro.

Por questões de segurança e estabilidade, os colectores de evacuação lateral devem ser sempre envolvidos em betão tipo C 12/15 sendo a betonagem feita contra o terreno e paredes da vala aberta para a sua instalação.

Deve ser dada uma particular atenção aos colectores de evacuação lateral instalados imediatamente junto aos encontros das obras de arte, cuja secção não deve ser inferior a 0,60 m.

Enchimento de Valas

Não é permitido o enchimento das valas, sem a prévia aprovação pela Fiscalização dos trabalhos executados.

Nas primeiras duas camadas de enchimento que deverão ter espessura de 0,2m serão usados solos cirandados. Nas áreas que envolvem as tubagens, na zona contígua ao tubo, a compactação deverá efectuar-se com placas vibrantes, ou cilindros vibradores de pequeno formato e com carga estática por unidade de comprimento de geratriz vibrante não excedendo 10 kg/cm. Eventualmente pode ser considerada, para tubos de pequeno diâmetro, o enchimento inicial da vala directamente em cima do tubo feito à mão. A compactação mecânica só poderá ser iniciada após uma determinada altura de material acima do tubo que depende do tipo de material de compactação e do tipo de tubagens.

Daí para cima a até há altura total da vala o enchimento será efectuado com solos provenientes da escavação. A compactação será executada mecânicamente por camadas de 0,2 metros de espessura máxima de modo a que sejam evitados assentamentos. A compactação mínima exigida é de 95% relativo ao ensaio Proctor Modificado e o teor em água não será superior a W_{opm}+1. Caso as terras provenientes das escavações não cumpram os requisitos de compactação o adjudicatário deverá substituí-las por outras mais adequadas. Dadas as limitações impostas ao equipamento na zona contígua aos tubos, a espessura da camada a compactar deve ser ajustada de forma a viabilizar a obtenção da compactação especificada.

Deverá ser dada uma particular atenção às zonas inferiores dos tubos, de modo a garantir o seu devido confinamento. Sempre que possível, deverá ser utilizado no aterro dessas zonas areia, e em casos de acesso particularmente difícil deverá ser usado um betão fluido.

No caso de tubagens instaladas em valas cuja geometria não permita este procedimento construtivo, o respectivo enchimento deverá ser efectuado com areia, que será compactada por molhagem.

A remoção das entivações deverá ser levada a cabo progressivamente durante o enchimento da vala.

2.8. ÓRGÃOS COMPLEMENTARES DE DRENAGEM

Consideram-se como órgãos complementares de drenagem os equipamentos que estabelecem a ligação entre todo o sistema de drenagem longitudinal, indispensáveis para o seu integrado e adequado funcionamento. De acordo com as rubricas dos trabalhos rodoviários estes trabalhos incluem:

- Caixas de visita ou queda
- Sumidouro e Sajetas
- Câmaras de limpeza e/ou evacuação lateral
- Caixas de recepção derivação
 - Bacias de Dissipação
 - Descidas em talude
 - Dissipadores de energia em descida de talude

2.8.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Os órgãos complementares de drenagem serão executados em betão, com elementos pré-fabricados ou moldadas "in situ" de acordo com o definido no projecto.

O betão deverá satisfazer o especificado em 2.2.1.1. – *Betões*.

Os materiais “prefabricados” devem satisfazer o especificado para os materiais pré-fabricados em 2.5.1.1. *Tubos de escoamento em betão ou PVC*.

2.8.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Os órgãos complementares de drenagem quando executados “in situ” serão efectuados segundo os desenhos de pormenor. A sua forma e dimensões serão os definidos no projecto. As tolerâncias nas dimensões não devem ser superiores a 10mm do especificado no projecto.

Quando forem construídas com elementos “prefabricados” o fornecimento e assentamento obedecerá às especificações do fabricante.

Em tudo o que lhe for aplicável, adoptar-se-ão no que se refere à preparação da zona para a sua implantação os métodos e técnicas construtivas especificadas no ponto 1 – *Abertura de valas* em 2.2.2.1. *Execução de Passagens hidráulicas de secção circular ou outra*.

Em relação à sua execução adoptar-se-á, em tudo o que lhe for aplicável, o especificado no capítulo de obres de arte relativo à execução de peças em betão armado.

As caixas de visita têm normalmente secção circular, sendo realizadas com anéis pré-fabricados de betão. Podem também ser executadas em secção rectangular, normalmente executadas “in situ”. As tolerâncias nas dimensões do corpo não poderão ser superiores a 10mm do especificado no projecto.

Quando forem construídas com elementos “prefabricados” o fornecimento e assentamento obedecerá em tudo o que lhe for aplicável à EN 1917:2002 – “*Câmaras de visita e câmaras de ramal de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado*”. Em tudo o que nesta norma for omissa aplicar-se-ão as especificações do fabricante.

As juntas serão executadas de forma a garantir-se a estanqueidade total da caixa. As peças serão justapostas, sendo os topos ligados com argamassa de cimento ao traço de 150 kg de cimento/m³ de argamassa e as juntas, assim constituídas, vedadas com corda embebida na argamassa ou por qualquer outro sistema que garanta a estanqueidade necessária.

Os degraus serão de ferro Ø25 mm afastados de 0,30 m e com largura mínima de 0,30 m. Os degraus deverão ser protegidos contra a corrosão por metalização.

As ligações com os colectores e valetas serão feitas ao nível indicado no projecto, de modo que as extremidades das condutas fiquem niveladas com a superfície interna das paredes.

As tampas/aros serão em ferro fundido respeitando as indicações especificadas na NP EN 124 – “Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos. Princípios construtivos, ensaios, marcação, controlo de qualidade.”. Deverão ajustar-se ao corpo e serão posicionadas de modo a que a sua superfície exterior esteja ao mesmo nível das superfícies adjacentes.

Os sumidouros, antes da colocação da grelha, serão limpos tal como os tubos colectores assegurando-se o correcto funcionamento posterior. Após a conclusão da execução proceder-se-à novamente à limpeza eliminando-se quaisquer lodo, resíduos ou materiais estranhos de qualquer tipo, devendo manter-se livres de tais acumulações até à recepção definitiva da obra. Quando situados na plataforma não devem perturbar a circulação, dispondo-se sempre que possível no bordo e apresentando superfícies regulares. A grelha dispor-se-á geralmente com as barras na direcção da corrente de tráfego e não deverão ter espaçamento superior a 4 cm. Terão a resistência necessária para suportar o peso dos veículos.

Em todos os casos de caixas executadas a cotas próximas da cota do pavimento – caixas de limpeza e/ou de evacuação lateral; sumidouros e sarjetas – quando forem construídas com elementos prefabricados de betão, os enchimentos dos espaços entre estes elementos e o terreno envolvente serão obrigatoriamente efectuados com betão tipo C 12/15. No caso de serem executadas “in situ”, a respectiva betonagem será realizada contra o terreno envolvente. Nos restantes casos, em que os órgãos de drenagem previstos, não estejam implantados na faixa de rodagem ou nas bermas, os enchimentos deverão ser efectuados com areia, sempre que não seja possível utilizar na sua compactação equipamentos correntes.

As descidas de talude em aterro ou escavação podem ser constituídas por canais com secções semi-trapezoidais, triangulares ou circulares. Quando revestidas em betão, aplica-se tudo o especificado em 2.5. – *Valetas e Valas*. A opção pela sua execução com secção trapezoidal, em peças prefabricadas com encaixe dispondo de sobreposição e estabelecendo um degrau, vem sendo uma solução cada vez mais utilizada e considerada preferível. Por um lado o sistema de encaixe e sobreposição permite uma boa adaptação às eventuais deformações do talude, e por outro os degraus constituem uma macrorugosidade que garante desde logo uma dissipação de energia ao longo do escoamento. A opção por este processo construtivo dispensa a fundação de betão em contínuo para fazer o assentamento das peças prefabricadas.

2.9. ÓRGÃOS OU TRABALHOS ACESSÓRIOS NO SISTEMA DE DRENAGEM

2.9.1. CONTINUIDADE DAS VALETAS SOB SERVENTIAS

Em função do tipo de trabalho a executar e no que lhe for aplicável devem ser seguidas as especificações definidas em 2.5. – *Valetas e Valas*.

2.9.2. REVESTIMENTO DE VALAS DE GRANDE SECÇÃO

Em função do tipo de trabalho a executar e no que lhe for aplicável, deve ser respeitado o especificado em 2.1 – *Escavação em trabalhos realizados para garantia da continuidade do sistema de águas superficiais*, em 2.5.2 – *Processos construtivos para Valetas e Valas* e no capítulo de Obras de Arte no que se refere à execução de peças em Betão.

Quando o revestimento for de enrocamento, este terá uma granulometria D 250/400 mm e será assente sobre geotêxtil. Quando for em colchões de gabiões aplicar-se-á no capítulo referente a Obras Acessórias.

2.9.3. LIMPEZA DE PASSAGENS HIDRÁULICAS

A limpeza de passagens hidráulicas existentes será feita por métodos manuais ou com meios mecânicos conforme a sua dimensão, de modo a repor integralmente a sua secção de vazão.

Os produtos resultantes da limpeza serão colocados em vazadouro afastado da linha de água, de modo a evitar o seu futuro assoreamento.

2.9.4. DEMOLIÇÃO DE ELEMENTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM EXISTENTE.

Todos os processos de demolição a efectuar nos órgãos de drenagem existentes recorrerão às técnicas mais adequadas de modo a garantir as necessárias condições de segurança, não só para pessoas e equipamentos envolvidos mas também para a estrada e para o tráfego circulante.

Antes da demolição deverá ser feito um estudo do terreno, do estado dos elementos a demolir, e das soluções para proteger as instalações.

Desaconselha-se na demolição de elementos resistentes em betão ou alvenaria de pedra, sobretudo em zonas muito urbanizadas, a aplicação de métodos que impliquem a transmissão de vibrações às construções ou a criação de níveis de ruído que possam incomodar os residentes próximos do local da obra.

Devem ser colocadas vedações em todo o contorno do local de intervenção e devem ser protegidos os elementos de serviço público que possam ser afectados.

Antes de serem iniciadas as demolições devem ser desligadas as instalações (água, gás, electricidade).

Deve evitar-se a formação de poeiras regando ligeiramente os elementos e os escombros.

No fim dos trabalhos não devem ser deixados elementos instáveis na obra, que com más condições atmosféricas possam causar perigos. Todos os escombros devem ser limpos e os produtos da demolição serão colocados em vazadouro adequado.

2.10. CONTROLO DA QUALIDADE

2.10.1. DIRECTIVA COMUNITÁRIA DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

A directiva Comunitária dos produtos de construção foi criada com o objectivo de enquadrar o funcionamento do mercado interno Europeu dos produtos da construção, estabelecendo condições para a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu. Esta Directiva define as exigências essenciais para as obras de construção. Foi transposta para a ordem jurídica portuguesa através de dois diplomas:

o Decreto-Lei nº 113/93 e a Portaria nº 566/93 do Ministério da Indústria e Energia. Com o objectivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e à utilização da marcação CE, alguns dos artigos foram modificados pela Directiva do Concelho 93/68/CEE que foi transposta em Portugal pelo Decreto-Lei nº 139/95, alterado pelo Decreto-Lei nº 374/98. Com a publicação do Decreto-Lei nº 4/2007, procedeu-se a novos ajustamentos.

A marcação CE garante que os produtos estarão aptos para serem utilizados em obra e caso estas sejam convenientemente concebidas e realizadas garante que irão permitir satisfazer as exigências essenciais da DPC.

A marcação CE é obrigatória quando:

- Os produtos estejam destinados a serem incorporados ou utilizados de forma permanente na obra;
- Os produtos estejam colocados no mercado comunitário;
- Existam normas harmonizadas (NA), aprovações técnicas europeias (ATA ou ATAG) ou especificações técnicas nacionais referenciadas no Jornal Oficial da União Europeia.

Os produtos de construção para os quais não for necessária a marcação CE devem apresentar certificação da sua conformidade com especificações técnicas em vigor em Portugal.

Os produtos para os quais não seja obrigatória a marcação CE e não possuam certificação da conformidade deverão possuir homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2.10.1.1. Marcação CE

De acordo com o artigo nº 2 do Artigo 3 do Decreto nº 4/2007, *“Presumem-se aptos ao uso a que se destinam os produtos nos quais esteja aposta a marcação CE, indicativa de que os mesmos obedecem ao conjunto de disposições do presente Decreto-Lei, incluindo os procedimentos de avaliação de conformidade previstos nos artigos 6º e 7º”*

A responsabilidade de afixação da marcação CE é do seu fabricante ou do seu representante no Espaço Económico Europeu. Este deverá efectuar os procedimentos de avaliação de conformidade previstos na Norma harmonizada aplicável ao produto e apor a marcação CE no próprio produto, num rótulo nele fixado na respectiva embalagem ou nos documentos comerciais de acompanhamento antes da colocação no mercado. É obrigatória ainda uma declaração de conformidade emitida por ele ou então, dependendo dos casos, um Certificado de Conformidade CE emitida pelo organismo Notificado. As declarações ou certificados de conformidade para os produtos a aplicar a nível nacional serão obrigatoriamente escritos em língua portuguesa.

2.10.1.2. DECLARAÇÕES DE CONFORMIDADE

De acordo com o número 3 do artigo 3º do Decreto-lei 4/2007, podem ser colocados no mercado sem ter aposta a marcação CE:

- Os produtos que constem da lista de produtos menos importantes no que diz respeito aos aspectos de saúde, limpeza e de segurança, elaborada pela Comissão Europeia, desde que acompanhados de uma declaração de conformidade com as boas praticas técnicas
- Os produtos que satisfaçam disposições nacionais relativas à certificação obrigatória até que as especificações técnicas Europeias referidas no artigo 5º obriguem à aposição da marcação CE.

2.10.1.3. Documentos de Homologação

Sempre que os produtos não forem obrigados à aposição da marcação CE nem à certificação da sua conformidade com as especificações técnicas em vigor em Portugal, é necessária a homologação feita pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de modo a garantir que são cumpridas as exigências essenciais que constam no anexo I do referido Decreto-Lei.

Poderão ser aceites produtos não homologados desde que esta tenha sido dispensada pelo LNEC e desde que essa dispensa seja devidamente justificada num comprovativo escrito no qual sejam discriminados os certificados de conformidade que atestaram a satisfação das referidas exigências essenciais das obras.

2.10.2. REQUISITOS PARA ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS

É da responsabilidade do adjudicatário verificar se os produtos sujeitos a marcação CE têm a marcação nos próprios produtos, nas etiquetas ou nos documentos que acompanham os produtos e se a marcação CE é acompanhada das indicações que permitam identificar as características dos produtos em função das especificações técnicas: informação que consta da Aprovação Técnica Europeia (ETA ou ETAG) do produto ou do Anexo ZA que identifica as secções relativas às exigências ou requisitos essenciais e outras disposições relativas à marcação CE, da norma harmonizada.

Terá de ser apresentada à Fiscalização a declaração de conformidade CE com a norma harmonizada do produto feita pelo fabricante ou seu representante. Terá também de ser apresentado, dependendo do sistema de avaliação da conformidade a que o produto está sujeito:

- O certificado de conformidade do produto na norma harmonizada do sistema de avaliação 1 ou 1+;
- O certificado do controlo de produção em fábrica na norma harmonizada do sistema de avaliação da conformidade 2 ou 2+;
- O boletim de ensaios emitido pelo laboratório, no caso de sistema de avaliação da conformidade ser o 3.

Para os materiais que estejam em conformidade com as especificações técnicas em vigor em Portugal o Adjudicatário deverá verificar a conformidade do produto com as especificações técnicas em vigor em Portugal. Deverá ser apresentada à Fiscalização o certificado de conformidade do produto.

Nos restantes materiais deverá ser apresentado à Fiscalização o Documento de Homologação emitido pelo LNEC que estabelece a aptidão do produto ao uso pretendido. Nos casos em que esta homologação tenha sido dispensada deve ser apresentado o comprovativo que comprove a dispensa e os certificados de conformidade emitidos por entidade aprovada que permitiram essa dispensa.

Todos os materiais a aplicar na empreitada tem de cumprir as normas nacionais existentes.

Será rejeitado todo o material que não cumpra o especificado neste Caderno de Encargos.

2.10.3 CONTROLO DE QUALIDADE DOS MATERIAIS

O controlo de qualidade dos trabalhos respeitantes às empreitadas é da responsabilidade do Adjudicatário. Este deverá apresentar no início dos trabalhos, juntamente com o programa de trabalhos e cronograma financeiro, um plano de garantia e controlo de qualidade, bem como o responsável pela sua implementação que deverão merecer o acordo da EP. Este plano deverá contemplar no mínimo, o

tipo e frequência de ensaios que em seguida se discriminará. A EP na qualidade de dono da obra, com competência de Fiscalização disporá de meios humanos e materiais que possibilitam um controlo por amostragem dos ensaios realizados.

Este controlo realizado pela EP não isenta o Adjudicatário de responsabilidade de deficiências e anomalias de construção que sejam da sua responsabilidade.

2.10.4. EQUIPAMENTO LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Previamente à sua instalação, o Adjudicatário deverá submeter à aprovação da fiscalização um projecto esquemático do laboratório, acompanhado de uma relação dos meios humanos e de equipamento (incluindo viaturas) que pretende afectar em exclusivo à obra.

Não poderá ser iniciado qualquer tipo de trabalho, exceptuando os de sinalização, sem que esteja assegurada pelo Adjudicatário a disponibilidade, em obra, do equipamento laboratorial e do pessoal devidamente habilitado, necessários para efectuar o seu “controlo de qualidade” permanente.

Este equipamento poderá ser também utilizado pela Fiscalização, sempre que esta o desejar.

O Adjudicatário deverá dispor na obra equipamento suficiente para a realização dos ensaios que se discriminam no quadro 7.

Quadro 7 – Designação e normas dos ensaios

Código do Ensaio	Designação do ensaio	Norma ou Especificação
LL	Limite de liquidez	NP 143
LP	Limite de plasticidade	NP 143
GR	Granulometria de solos e agregados	NP EN 933 – 1
EA	Equivalente de areia	NP EN 933-8
ELA	Ensaio de desgaste na máquina de “ Los Angeles”	NP EN 1097 – 2

2.10.5. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS

O Adjudicatário obriga-se a satisfazer as frequências mínimas de ensaios indicados nos quadros seguintes, as quais naturalmente deverão ser ajustadas sempre que condições de heterogeneidade ou suspensão o determinem. Para além destes ensaios a fiscalização poderá tomar amostras e mandar proceder, por conta do Adjudicatário, a análises, ensaios, provas em laboratórios, certificados à sua escolha e, bem assim, promover as diligências necessárias para verificar se mantém as características do material. No início de cada semana serão entregues à fiscalização os boletins dos ensaios realizados na semana anterior. Os boletins de ensaio a utilizar respeitarão a forma em uso na EP. Os ensaios serão sempre referenciados aos perfis transversais do projecto, normalmente de 25 m em 25 m.

Em obras na plataforma de estradas em exploração, a referência será concretizada relativamente aos marcos hectométricos e quilométricos.

Nas obras de beneficiação e em zonas de alargamento deve duplicar-se a frequência de ensaios definida neste item.

Os ensaios são identificados pelo código de referência indicado nas listas constantes em 2.10.3.- *Equipamento laboratorial para realização de ensaios.*

2.10.5.1. Tubos de Betão

Por cada fornecimento, o Adjudicatário deverá apresentar um certificado do fabricante em que sejam indicadas as datas e resultados de ensaios de controlo de fabrico que deverão satisfazer as exigências deste Caderno e Encargos.

O Adjudicatário deverá realizar ensaios de controlo de qualidade de acordo com a amostragem definida pela fiscalização que contemplará, no mínimo, três manilhas de cada tipo por cada cem que se apliquem na obra.

2.10.5.2. Materiais para a execução de drenos

Material Drenante

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por semana de trabalho

Geotêxteis como filtro

O Adjudicatário deverá apresentar, para cada fornecimento, um certificado do fabricante em que sejam indicadas a data e resultados de ensaios de controlo de fabrico.

Após a aprovação dos geotêxteis a utilizar na obra, o empreiteiro deverá enviar, para cada fornecimento, uma amostra de cada tipo a um laboratório certificado, com o objectivo de comprovar as características constantes nos certificados dos fabricantes e previstas no Caderno de Encargos.

Material para recobrimento

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
ER	1	Por semana de trabalho
EA	1	Por semana de trabalho
LL	1	Por semana de trabalho
LP	1	Por semana de trabalho
ELA	1	Por semana de trabalho

2.10.5.3. Geotêxteis para camadas drenantes

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por dia de trabalho
EA	1	Por dia de trabalho

3

PAVIMENTAÇÃO

3.1. MATERIAIS CONSTITUINTES DAS CAMADAS NÃO LIGADAS, CAMADAS TRATADAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS E CAMADAS BETUMINOSAS

3.1.1. SOLOS

Os solos a utilizar na camada de sub-base deverão respeitar as prescrições para os materiais a utilizar no leito do pavimento descritas em 1.7.1. no capítulo 1 – *Terraplenagens*. Serão ainda cumpridas as prescrições definidas em 3.2.1.

Os materiais a estabilizar com cimento ou cal a utilizar na camada de sub-base serão solos e outros materiais provenientes das escavações da linha ou de empréstimo, isentos de matéria orgânica ou de qualquer outra substância prejudicial que possa afectar a ligação com o ligante, os tempos de presa e o desenvolvimento da resistência da mistura. Nestes casos deverão ser seguidas as especificações definidas nas Normas Europeias EN 14227-10. “*Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 10: Soil treated by cement*” e EN 14227-11. “*Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 10: Soil treated by lime*”.

3.1.2. CAL

A cal deverá cumprir os requisitos definidos na Norma Portuguesa NP EN 459-1 – *Cal de construção – Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade*.

A verificação da conformidade, segundo as normas aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto.

A cal a utilizar em obra deverá ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos

3.1.3. CIMENTOS

Os cimentos devem satisfazer as Normas Portuguesas NP EN 197-1 – *Cimento. Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.*”, as suas emendas NP EN 197-1/A1 e NP EN 197-1/A3 e posteriores emendas que venham a ser publicadas.

O fornecimento do material na obra dever ser sempre acompanhado de um boletim de ensaio que caracterize o lote de fabrico. A verificação da conformidade dos cimentos, seguindo as normas aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto.

Os cimentos a utilizar em obra deverão ter obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos.

3.1.4. ÁGUA

A água deverá ser doce, limpa e não deverá conter óleos, ácidos, matérias orgânicas ou outros produtos prejudiciais.

Deverá, ainda obedecer ao que está previsto na legislação em vigor, tendo em atenção o fim a que se destina, nomeadamente satisfazendo a Norma Portuguesa NP EN 1008: – *Água de amassadura para betão. “Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão.”* e a especificação do LNEC E372 – “Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade”.

A verificação da conformidade da água utilizada deve verificar-se antes do início da produção do betão, depois pelo menos sazonalmente, isto é 2 a 4 vezes por ano, e sempre que se suspeitar da constância da sua qualidade.

3.1.5. AGREGADOS PARA CAMADAS DE SUB-BASE E BASE GRANULARES

3.1.5.1. Agregados naturais

Condições gerais

Os agregados, provenientes da exploração de formações homogéneas, devem ser limpos, duros, pouco alteráveis sob a acção dos agentes climáticos, de qualidade uniforme e isentos de materiais decompostos, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais.

Os agregados deverão ser constituídos por materiais pétreos britados, provenientes de exploração de pedreiras ou seixeiros, devendo neste caso conter as percentagens indicadas nos itens dos materiais correspondentes e apresentar, no mínimo, três faces de fractura e com um coeficiente de redução 4D.

As normas Europeias que definem os requisitos aplicáveis aos agregados são:

- NP EN 12620 – Agregados para betão;
- NP EN 13242 – Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária;
- NP EN 13285 – Misturas não ligadas. Especificações.

Os requisitos exigidos para os agregados de acordo com as diferentes aplicações são indicados nas características dos materiais em cada tipo de camada.

Fracções granulométricas

A recomposição em central dos materiais granulares de granulometria extensa deverá ser feita, em princípio, com base nas fracções granulométricas indicadas no quadro 8.

Quadro 8 – Fracções granulométricas dos agregados para camadas não ligadas

Material	Fracções (dimensões nominais em mm)
Material granular de granulometria extensa (contínua)	0/4, 4/20, 20/40
	ou em alternativa
Material granular de granulometria extensa (contínua) tratado com Ligantes Hidráulicos	0/6, 6/20, 20/40

Notas: O conceito de dimensão nominal (d/D) significa que se admite que até 10% do material fique retido no peneiro de maior dimensão (D) e que até 10% do material passe no peneiro de menor dimensão (d); no entanto, a soma daquelas duas percentagens deverá ser inferior a 15%.

As dimensões nominais referidas para cada fracção, estão normalmente associadas a sistemas de classificação das instalações de britagem em que os crivos apresentam as seguintes aberturas das malhas: 5; 8;...mm, por exemplo.

Homogeneidade

Os agregados deverão ser obtidos a partir de formações homogéneas de pedreiras ou seixeiros.

A homogeneidade de características de cada fracção deve ser tal que garanta a homogeneidade da mistura de agregados recomposta em central.

3.1.5.2. Agregados reciclados

O Decreto – Lei 46/2008 regula as exigências e requisitos aos quais os produtos da demolição e construção devem obedecer para aplicação em camadas granulares de base e sub-base.

Deve ser feita uma triagem e selecção de modo a excluírem-se materiais prejudiciais ao bom funcionamento das obras.

As Normas que definem os requisitos aplicáveis a este tipo de agregados são:

- NP EN 13242 – *Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária;*
- NP EN 933-1 – *Ensaio das propriedades geométricas dos agregados – Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração;*
- prEN 933-11 – *Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate;*
- NP EN 13285 – *Misturas não ligadas. Especificações;*
- LNEC E 471 – *Guia para a utilização de agregados reciclados em betões de ligantes hidráulicos;*
- LNEC E 472 – *Guia para a reciclagem de misturas betuminosas em central;*
- LNEC E 474 – *Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de Resíduos de construção e demolição em aterro e em camada de leito de infra-estruturas de transporte.*
- LNEC E 473 – *Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos*

A especificação LNEC E473 fornece recomendações e estabelece requisitos para a utilização de agregados reciclados, abrangidos pela NP EN 13242 e pela NP EN 13285, em camadas não ligadas (base e sub-base) de pavimentos rodoviários.

No Quadro 9 apresenta-se a classificação dos materiais de acordo com a sua composição, atendendo ao método estabelecido no projecto de norma prEN 933 -11 para a determinação das proporções de cada um dos constituintes da fracção grossa, e atendendo às categorias estabelecidas na EN 13242.

Quadro 9 – Classificação dos agregados reciclados de acordo com a natureza dos constituintes da fracção grossa

Classe	Categoria dos constituintes (EN 13242)				
	$R_C + R_U + R_G$	R_B	R_A	$FL_S + FLN_S$	X
B	$\geq 90\%(1)$	$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$	$\leq 0,2\%$
C	$\geq 50\%(1)$	$\leq 50\%$	$\leq 30\%$	$\leq 1\%$	$\leq 0,2\%$

(1) Percentagem de vidro inferior ou igual a 10% ($R_G \leq 10\%$)

Constituintes (EN 933-11):

R_C – betão, produtos de betão e argamassas;

R_U – agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

R_A – materiais betuminosos;

R_B – elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

R_G – vidro;

F_L – material flutuante em volume;

X – Outros materiais coesivos (por ex. solos argilosos), plásticos, borrachas, metais (ferrosos e não ferrosos) e matérias não flutuantes e estuque

Para efeitos de utilização em camadas não ligadas de pavimentos rodoviários, os agregados reciclados abrangidos por esta Especificação podem ser classificados em três categorias (AGER1; AGER2 e AGER3) e por uma classe (B ou C), em função da sua composição.

A identificação dos agregados reciclados é feita através da indicação do produtor (operador de gestão), do local de produção, das siglas da classe e categoria a que pertence e da granulometria (d/D).

Os agregados reciclados de granulometria extensa do tipo AGER1, AGER2 ou AGER3 podem, em geral, ser utilizados em camadas de sub-base e de base de pavimentos rodoviários, de acordo com os campos de aplicação recomendados no Quadro 10.

Quadro 10 – Campo de aplicação dos agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos

Categoria	AGER1		AGER2		AGER3
Natureza dos constituintes	C	B	C	B	B
Aplicação em camadas de sub-base – TMDp	≤ 50	≤ 150	≤ 150	≤ 300	≤ 300
Aplicação em camadas de base – TMDp	NR	≤ 150	≤ 150	≤ 150	≤ 300

TMDp – Tráfego médio diário de pesados por via;

NR – Não Recomendado.

Os materiais a utilizar em camadas não ligadas de base e de sub-base para pavimentos rodoviários devem obedecer aos requisitos definidos nos quadros 11, 12 e 13 de acordo com o estabelecido na Norma Portuguesa NP EN 13285.

Quadro 11 – Propriedades e requisitos mínimos dos parâmetros geométricos e de natureza dos agregados reciclados para aplicação em camadas não ligadas de pavimentos

Categoria	AGR1	AGR2	AGR3
Classes	B ou C	B ou C	B
Parâmetros geométricos e de natureza			
Designação	EN 13285	0/31,5	0/31,5
Sobretamanhos (NP EN 933-1)	EN 13285	0C ₇₅	0C ₈₅
Classe de granulometria (NP EN 933-1)	EN 13285	G _B	G _A
Teor de finos (NP EN 933-1)	EN 13285	UF ₉ L _{F2}	UF ₉ L _{F2}
Qualidade dos finos (NP EN 933-9)	NP EN 13242	MB≤0,8 g/kg	MB≤0,8 g/kg
Percentagem de partículas totalmente esmagadas ou partidas e totalmente roladas em agregados grossos (NP EN 933-5)	NP EN 13242	C _{50/30}	C _{90/30}

Quadro 12 – Propriedades e requisitos mínimos dos parâmetros de comportamento mecânico dos agregados reciclados para aplicação em camadas não ligadas de pavimentos

Categoria		AGR1	AGR2	AGR3
Classes		B ou C	B ou C	B
Parâmetros de comportamento mecânico				
Resistência à fragmentação e resistência ao desgaste (NP EN 1097-2 e NP EN 1097-1)	NP EN 13242 prA1: 2006	LA ₄₅	LA ₄₀	LA ₄₀
		MDE ₄₅	MDE ₃₅	MDE ₃₅
		LA+MDE≤80	LA+MDE≤65	LA+MDE≤65

Quadro 13 – Propriedades e requisitos mínimos das propriedades químicas dos agregados reciclados para aplicação em camadas não ligadas de pavimentos

Categoria		AGR1	AGR2	AGR3
Classes		B ou C	B ou C	B
Propriedades químicas				
Teor de sulfatos solúveis em água (EN 1744-1) *	NP EN 13242 prA1: 2006	SS _{0,7}	SS _{0,7}	SS _{0,7}
Libertação de substâncias perigosas	EN 12457-4	Inertes**		

* - Para teores de sulfatos superiores a 0,2%, estes agregados deverão ser colocados a uma distância não inferior a 0,50 m de elementos estruturais de betão.

3.1.6. AGREGADOS PARA MISTURAS BETUMINOSAS

Os agregados, provenientes da exploração de formações homogêneas, devem ser limpos, duros, pouco alteráveis sob a acção dos agentes climáticos, com adequada adesividade ao ligante, de qualidade uniforme e isentos de materiais decompostos, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. A norma Europeia que define os requisitos aplicáveis aos agregados é a NP EN 13043 – “*Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais; para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação*”. Os agregados deverão ser constituídos por materiais pétreos britados, provenientes de exploração de pedreiras ou seixeiros, devendo neste caso apresentar, no mínimo, três faces de fractura e com um coeficiente de redução mínimo de 4D. A utilização de seixo britado será condicionada ao emprego de um aditivo no betume, de modo a garantir a adequada adesividade ao ligante betuminoso.

Caso a formulação obtida com recurso a materiais britados não permita atingir os requisitos exigidos, a Fiscalização poderá admitir a incorporação de 5% de areias naturais nas misturas betuminosas para camadas de base e de regularização. Deverão ainda respeitar as prescrições que se indicam nos respectivos itens para a sua utilização em camadas de misturas betuminosas a frio ou a quente.

As misturas betuminosas referidas neste documento deverão ser fabricadas a partir das fracções granulométricas indicadas no quadro 14.

Quadro 14 – Fracções granulométricas dos agregados para misturas betuminosas

Material		Fracções (dimensões nominais em mm)
Material de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa		0/4, 4/10, 10/20 ou em alternativa 0/6, 6/10, 10/20
Mistura betuminosa aberta a frio	- Espessura inferior a 4 cm - Espessura entre 4 e 6 cm - Espessura superior a 6 cm	2/4, 4/10 2/4, 4/10, 10/14 2/4, 4/10, 10/20
Macadame betuminoso	Fuso A Fuso B	0/4, 4/10, 10/20 0/4, 4/20, 20/40 ou em alternativa 0/6, 6/20, 20/40
Semi-penetração betuminosa		20/40
Agregado de recobrimento		4/10, 10/14
Mistura betuminosa densa		0/4, 4/10, 10/20
Argamassa betuminosa		0/4 ou em alternativa 0/6
Betão betuminoso		0/4, 4/10, 10/14
Gravilhas duras incrustadas		10/14
Mistura betuminosa aberta a frio	- Espessura inferior a 4 cm - Espessura entre 4 e 6 cm - Espessura superior a 6 cm	2/4, 4/10 2/4, 4/10, 10/14 2/4, 4/10, 10/20
Microaglomerado betuminoso a frio, simples		0/6
Microaglomerado betuminoso a frio, duplo	- 1ª aplicação - 2ª aplicação	0/4 0/4, 4/8
Slurry Seal, simples		0/6
Slurry Seal, duplo	- 1ª aplicação - 2ª aplicação	0/4 0/4

A homogeneidade de características deve ser considerada uma condição básica para que qualquer dos agregados componentes das misturas betuminosas possa ser aplicado continuamente em obra.

3.1.7. ADIÇÕES PARA MISTURAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS

As adições a considerar nas misturas com ligantes hidráulicos são adições inorgânicas do tipo I (Filer calcário) e do Tipo II (Cinzas Volantes, escorias granuladas de alto forno e Sílica de fumo).

As normas e especificações que definem os requisitos aplicáveis a estas adições são:

- NP EN 206-1 – “*Betão. Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade*”
- NP EN 12620:2004 – “*Agregados para betão.*” e *Especificação LNEC E 466- “Fíleres Calcários para ligantes hidráulicos*”
- NP EN 450-1:2005+A1:2008 – *Cinzas volantes para betão. Parte 1: “Definição, especificações e critérios de conformidade.”*
- NP EN 15167-1:2008 – *Escória granulada de alto forno moída para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 1: “Definições, especificações e critérios de conformidade.”*
- NP EN 13263-1:2007 – *Sílica de fumo para betão. Parte 1: “Definições, requisitos e critérios de conformidade.”*

3.1.8. ADJUVANTES

Os adjuvantes a incorporar nos betões de ligantes hidráulicos devem satisfazer o conjunto de exigências expressas na Norma NP EN 934-2 – *Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção. Parte 2: “Adjuvantes para betão. Definições, requisitos, conformidade, marcação e etiquetagem”*. Assim ficam sujeitos a critérios de conformidade quanto às suas características de identificação, características de compatibilidade e características de comportamento enunciadas naquela norma, devendo ainda satisfazer os critérios de conformidade exigidos por ela.

As normas europeias que definem os requisitos aplicáveis aos adjuvantes são:

- NP EN 206-1 – Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 480 – Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção – Métodos de ensaio
- NP EN 934-2 – Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção – Parte 2: Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem;
- NP EN 934-6 – Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção – Parte 6: Amostragem, controlo da conformidade e avaliação da conformidade.

A verificação da conformidade, seguindo as normas aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto.

3.1.9. LIGANTES BETUMINOSOS

Os ligantes betuminosos considerados neste Caderno de Encargos são:

- Betumes puros;
- Betumes modificados;
- Emulsões Betuminosas catiónicas.

O fornecimento do material na obra deve ser sempre acompanhado de um boletim de ensaios que caracterize o lote de fabrico. O material fornecido deve satisfazer às prescrições que a seguir se indicam.

3.1.9.1. Betumes puros

Os betumes puros deverão obedecer à Norma Europeia EN 12591 – *Bitumen and bituminous binders – Specifications for paving grade bitumens*, a qual especifica as propriedades e os respectivos métodos de ensaio adequados para a caracterização deste tipo de betumes.

O betume a empregar deve ser do tipo definido no projecto de Pavimentação, normalmente 35/50 ou 50/70 para todas as misturas betuminosas (na rede principal devem utilizar-se, preferencialmente, betumes do tipo 35/50). O betume 160/220 é utilizado para a execução de revestimentos superficiais ou semi-penetrações.

O recurso a betumes de tipo distinto dos indicados ficará confinado à implementação de eventuais propostas do Adjudicatário, devidamente justificadas e submetidas à aprovação da Fiscalização.

O boletim de ensaios, que acompanha o fornecimento dos betumes, deverá sempre indicar as temperaturas a que o material apresenta as viscosidades de 170 ± 20 cSt e de 280 ± 30 cSt, como mencionado nos processos construtivos.

O betume deverá cumprir os requisitos definidos na Norma Europeia EN 12591 e que se indicam de seguida para cada tipo de betume classificados com base na penetração.

Para o **Betume de pavimentação 50/70** deverão ser cumpridas as seguintes especificações:

- Penetração a 25°C, 100g, 5s (0,1mm) 50-70
- Temperatura de amolecimento 45-54°C
- Variação da massa, após RTFOT, máxima (EN 12607-1) 0,5%
- Penetração retida, após RTFOT, mínima (EN 12607-1) 50%
- Aumento da temperatura de amolecimento, após RTFOT, máxima (EN 12607-1) 11°C
- Temperatura de inflamação, mínima 230°C
- Solubilidade, máxima 99%
- Ponto de fragilidade de fraass, máximo (EN 12593) -8°C
- Viscosidade cinemática a 135°C, mínima 295mm²/s

Para o **Betume de pavimentação 35/50** deverão ser cumpridas as seguintes especificações:

- Penetração a 25°C, 100g, 5s (0,1mm) 35/50
- Temperatura de amolecimento 50-58°C
- Variação da massa, após RTFOT, máxima 0,5%
- Penetração retida, após RTFOT, mínima 53%
- Aumento da temperatura de amolecimento, após RTFOT, máxima 11°C
- Temperatura de inflamação, mínima 240°C
- Solubilidade, máxima 99%
- Ponto de fragilidade de fraass, máximo -5°C
- Viscosidade cinemática a 135°C, mínima 370mm²/s

Para o **Betume de pavimentação 160/220** deverão ser cumpridas as seguintes especificações:

- Penetração a 25°C, 100g, 5s (0,1mm) 160/220
- Temperatura de amolecimento 35- 43°C
- Variação da massa, após RTFOT, máxima 1,0%
- Penetração retida, após RTFOT, mínima 37%
- Aumento da temperatura de amolecimento, após RTFOT, máxima 12°C
- Temperatura de inflamação, mínima 220°C
- Solubilidade, máxima 99%
- Ponto de fragilidade de fraass, máximo -15°C
- Viscosidade cinemática a 135°C, mínima 135mm²/s

3.1.9.2. Betumes modificados

Os betumes modificados a utilizar no fabrico de misturas betuminosas serão betumes modificados com polímeros que deverão cumprir o especificado na Norma Europeia EN 14023-*Bitumen and bituminous binders – Framework Specification for polymer modified bitumens*.

Os betumes modificados a incorporar **nas misturas betuminosas que constituem interfaces ou membranas anti-fissuras** serão o PMB 65/105-80 ou PMB 45/80-55. Deverão ser cumpridos para cada tipo de betume os requisitos definidos na EN 14023.

Para o betume modificado com polímeros **PMB 65/105-80** deverão ser cumpridas as seguintes especificações:

- Penetração a 25°C, 100g, 5s (0,1mm) 65/105 (classe 4)
- Temperatura de amolecimento, mínima 80°C (classe 7)
- Variação da massa, após RTFOT, máxima 0,3% (classe 2)
- Penetração retida, após RTFOT, mínima 50% (classe 5)
- Aumento da temperatura de amolecimento, após RTFOT, máximo 8°C (classe 2)
- Temperatura de inflamação, mínima 235°C (classe 3)
- Ponto de fragilidade de Fraass, máximo -10°C (classe 5)
- Recuperação elástica a 25°C, mínima 70% (classe 3)
- Estabilidade ao armazenamento, diferença na temperatura de amolecimento, máxima 5°C (classe 2)
- Estabilidade ao armazenamento, diferença na penetração (x 0,1mm), máxima 9 (classe 2)

Para o betume modificado com polímeros **PMB 45/80-55** deverão ser cumpridas as seguintes especificações:

- Penetração a 25°C, 100g, 5s (0,1mm) 45/80 (classe 4)
- Temperatura de amolecimento, mínima 55°C (classe 7)
- Força de ductilidade a 5°C a baixa velocidade, mínima 8J/cm3 (classe 2)
- Variação da massa, após RTFOT, máxima 0,3% (classe 2)
- Penetração retida, após RTFOT, mínima 50% (classe 5)
- Aumento da temperatura de amolecimento, após RTFOT, máximo 8°C (classe 2)
- Temperatura de inflamação, mínima 235°C (classe 3)
- Ponto de fragilidade de Fraass, máximo -10°C (classe 5)
- Recuperação elástica a 25°C, mínima 70% (classe 3)

- Estabilidade ao armazenamento, diferença na temperatura de amolecimento,
- máxima5°C (classe 2)
- Estabilidade ao armazenamento, diferença na penetração (x 0,1mm),
- máxima9 (classe 2)

3.1.9.3. Emulsões betuminosas catiónicas

As emulsões betuminosas podem ser utilizadas em regas de impregnação para bases granulares, em regas de colagem, em semi-penetrações, em revestimentos superficiais betuminosos, em estabilização de bases, na cura de bases tratadas com cimento, na colagem e impregnação de geotêxteis e em misturas betuminosas ou microaglomerados a frio. Deverão estar de acordo com Norma Europeia EN 13808 – *Bitumen and Bituminous binders, Framework for specifying cationic bituminous emulsions*, que especifica os requisitos técnicos e classes de desempenho.

As emulsões a empregar deverão estar de acordo com o definido no projecto de Pavimentação. De seguida são indicadas as características a que devem obedecer as emulsões betuminosas clássicas e as emulsões betuminosas modificadas com polímeros, de acordo com o definido na EN 13808.

Emulsões betuminosas clássicas

A emulsão betuminosa a empregar em **regas de impregnação de bases granulares** deve ser uma emulsão especial de impregnação **C40BF6** (anteriormente designada por **EC I**), que apresente as seguintes características:

- Índice de rotura170 – 230 (classe 6)
- Teor em ligante38-42 % (classe 2)
- Teor em óleo destilado.....5-15% (classe 7)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo 0,2% (classe 3)
- Adesividade, em percentagem revestida, mínima..... 90% (classe 3)
- Penetração do betume residual obtido por evaporação a 25°C, 100g, 5s (0,1mm),
máximaDND (classe 0)

Poderá também ser utilizada uma emulsão catiónica **C55B6** (anteriormente designada por **ECL-1**) que apresente as seguintes características:

- Índice de rotura170 – 230 (classe 2)
- Teor em ligante53-57 % (classe 4)
- Tempo de escoamento, 2 mm a 40°C.....15-45s (classe 3)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo 0,2% (classe 3)
- Adesividade, em percentagem revestida, mínima..... 90% (classe 3)
- Penetração do betume residual obtido por evaporação a 25°C, 100g,5s (0,1mm),
máxima330 (classe 7)

Para as **regas de colagem e para cura de bases tratada com cimento**, deverá ser utilizada uma emulsão betuminosa catiónica **C60 B2** (anteriormente designada por **ECR-1**) que apresente as seguintes características:

- Índice de rotura, máximo 80 (classe 6)
- Teor em ligante 56-62 % (classe 5)
- Tempo de escoamento, 2 mm a 40°C 15-45s (classe 3)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo..... 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo..... 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo 0,2% (classe 3)
- Adesividade, em percentagem revestida, mínima..... 90% (classe 3)
- Penetração do betume residual obtido por evaporação a 25°C, 100g, 5s (0,1mm),
máxima..... 330 (classe 7)

Para as **semi-penetrações e revestimentos superficiais betuminosos** poderá, em alternativa do betume 160/220, ser utilizada uma emulsão catiónica **C70 B4** (anteriormente designada por **ECR-3**), que apresente as seguintes características:

- Índice de rotura, máximo 70 – 130 (classe 4)
- Teor em ligante, mínimo 71 % (classe 9)
- Teor em óleo destilado, máximo 5% (classe 4)
- Tempo de escoamento, 4 mm a 40°C 50-100s (classe 8)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo..... 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo..... 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo 0,2% (classe 3)
- Adesividade, em percentagem revestida, mínima..... 90% (classe 3)
- Penetração do betume residual obtido por evaporação a 25°C, 100g, 5s
(0,1mm)..... 330 (classe 7)

Para as **misturas a frio em agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa** deverá ser utilizada uma emulsão catiónica **C60B6** (anteriormente designada por **ECL - 1h**) que apresente as seguintes características:

- Índice de rotura 170 – 230 (classe 6)
- Teor em ligante 58-62 % (classe 4)
- Tempo de escoamento, 2 mm a 40°C 15-45s (classe 3)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo..... 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo..... 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo 0,2% (classe 3)
- Adesividade, em percentagem revestida, mínima..... 90% (classe 3)
- Penetração do betume residual obtido por evaporação a 25°C, 100g, 5s (0,1mm),
máxima..... 100 (classe 3)

Para **misturas abertas a frio** deverá ser utilizada uma emulsão betuminosa catiónica **C60B5** (anteriormente designada por **ECM-2**) que apresente as seguintes características:

- Índice de rotura120 – 180 (classe 5)
- Teor em ligante58-62 % (classe 5)
- Tempo de escoamento, 2 mm a 40°C.....15-45s (classe 3)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo..... 0,2% (classe 3)
- Adesividade, em percentagem revestida, mínima..... 90% (classe 3)
- Penetração do betume residual obtido por evaporação a 25°C, 100g,5s (0,1mm),
máxima330 (classe7)

Emulsões betuminosas modificadas

O sistema de armazenagem dos ligantes modificados deve estar provido dos meios necessários para garantir a sua estabilidade e para que não sedimentem as partículas de betume. O resíduo de destilação neste tipo de emulsões deve ser obtido por evaporação a 163°C. Os ensaios de caracterização destes produtos devem ser realizados em Laboratório certificado ou aprovado pela Fiscalização.

A emulsão a empregar em **regas de colagem** entre uma camada betuminosa com betume modificado e uma outra camada betuminosa, deve ser obrigatoriamente uma emulsão betuminosa modificada com a incorporação de polímeros **C65BP3**, de forma a conferir um elevado poder de adesão. As especificações a respeitar são as seguintes:

- Índice de rotura, máximo50 – 100 (classe 3)
- Teor em ligante63-67 % (classe 6)
- Teor em óleo destilado, máximo..... 2% (classe 2)
- Tempo de escoamento, 2mm a 40 °C..... 15 – 45s (classe 3)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo..... 0,2% (classe 3)
- Estabilidade ao armazenamento, máxima..... 5% (classe 2)
- Penetração a 25%, 100g, 5s, do betume residual obtido por evaporação, (0,1mm),
máxima220 (classe 5)
- Temperatura de amolecimento do betume residual obtido por evaporação,
mínima43°C (classe 4)
- Recuperação elástica a 25°C, mínima..... 30% (classe 2)

A emulsão betuminosa a utilizar para **microaglomerado betuminoso a frio** será a **C60BP3**. As especificações a respeitar são as seguintes:

- Índice de rotura, máximo50 – 100 (classe 3)
- Teor em ligante58-62 % (classe 5)
- Teor em óleo destilado, máximo..... 5% (classe 4)
- Tempo de escoamento, 2mm a 40 °C.....15- 45s (classe 3)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo 0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo 0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo..... 0,2% (classe 3)

- Estabilidade ao armazenamento, máxima5% (classe 2)
- Penetração a 25%, 100g, 5s, do betume residual obtido por evaporação, (0,1mm),
máxima 220 (classe 5)
- Temperatura de amolecimento do betume residual obtido por evaporação,
mínima 43°C (classe 4)
- Recuperação elástica a 25°C, mínima30% (classe 2)

A emulsão betuminosa a utilizar para **revestimentos superficiais e para colagem e impregnação de geotêxteis com vista a constituir interface anti-fissuras nomeadamente através das camadas de reforço de pavimentos ou em revestimentos superficiais**, será **C69BP3**. As especificações a respeitar são as seguintes:

- Índice de rotura máximo 50 – 100 (classe 3)
- Teor em ligante67-71 % (classe 8)
- Teor em óleo destilado, máximo5% (classe 2)
- Tempo de escoamento, 4mm a 40 °C 10 – 45s (classe 6)
- Resíduo no peneiro de 0, 5mm, máximo0,1% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,16 mm, máximo0,25% (classe 2)
- Resíduo no peneiro de 0,5 mm, 7 dias de armazenamento, máximo0,2% (classe 3)
- Estabilidade ao armazenamento, máxima5% (classe 2)
- Penetração a 25%, 100g, 5s, do betume residual obtido por evaporação, (0,1mm),
máxima 220 (classe 5)
- Temperatura de amolecimento do betume residual obtido por evaporação
mínima 43°C (classe 4)
- Recuperação elástica a 25°C, mínima30% (classe 2)

3.1.10. ADITIVOS ESPECIAIS PARA MISTURAS BETUMINOSAS

Sempre que se mostre necessário incorporar aditivos especiais para melhorar a adesividade betume-agregado, para regular o tempo de rotura da emulsão ou para melhorar a trabalhabilidade de microaglomerados a frio, deverá o Adjudicatário submeter à apreciação e aprovação da Fiscalização as características técnicas e o modo de utilização de tais aditivos.

A utilização de outros tipos de aditivos, nomeadamente fibras, ficará confinada à implementação de eventuais propostas do Adjudicatário, devidamente justificadas e submetidas à aprovação da Fiscalização. O mesmo se sucede quando se pretenda a introdução, nas misturas, de betumes modificados ou de ligantes com características especiais sujeitos a segredo industrial por constituírem soluções sob patente.

3.1.11. FILER PARA MISTURAS BETUMINOSAS

3.1.11.1.Filer

O Filer deverá estar em conformidade com os requisitos gerais das normas NP EN 13043 – *Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação* e NP EN 12620 – *Agregados para betão*.

O fíler poderá ser recuperado ou comercial. O fornecimento do material na obra deve ser sempre acompanhado de um boletim de ensaio que caracterize o lote de fabrico.

O filer comercial, a incorporar em misturas betuminosas, deverá obedecer às seguintes prescrições:

- Ser constituído por pó de calcário, cimento Portland, ou cal hidráulica devidamente apagada;
- Apresentar-se seco e isento de torrões provenientes de agregação das partículas, de substâncias prejudiciais e apresentar um índice de plasticidade inferior a 4. O limite do índice de plasticidade não se aplica ao cimento e à cal hidráulica;
- Ter granulometria satisfazendo aos seguintes valores:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
0,425 mm (nº 40)	100
0,180 mm (nº 80)	95 - 100
0,075 mm (nº 200)	75 - 100

Dada a importância das características do filer, uma vez aprovado, não poderá o Adjudicatário alterar a sua proveniência sem prévio acordo da Fiscalização. Caso haja acordo da Fiscalização, a alteração implica necessariamente novos estudos de composição das misturas afectadas pela eventual mudança, que deverão ser de novo submetidas a aprovação.

O filer comercial ou recuperado deverá ter marcação CE.

3.1.11.2.cinzas

As cinzas volantes a empregar como filer para misturas betuminosas deverão obedecer o mencionado em 3.1.10.1. *Filer*.

3.2. CAMADAS EM SOLOS OU EM MATERIAIS GRANULARES COM CARACTERÍSTICAS DE SUB-BASE

Este sub-capítulo abrange as camadas com características de sub-base, executadas com materiais naturais (solos e materiais granulares aluvionares) e com materiais granulares britados, estabilizados mecanicamente.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

3.2.1.1. Solos Seleccionados

Os solos a aplicar deverão cumprir o estabelecido em 3.1.1. *Solos*.

Devem ser constituídos por solos de boa qualidade, isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas, obedecendo ainda às seguintes prescrições:

- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo 6%
- Equivalente de areia, mínimo 30%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo 1,5
- CBR a 95 % de compactação relativa (Proctor Modificado), mínimo 20%
- Percentagem de material que passa no peneiro nº 200 ASTM, máxima 15%
- Dimensão máxima 75 mm
- Expansibilidade (ensaio de CBR), máxima 1,5%

3.2.1.2. Agregado não britado (Material aluvionar)

No caso de ser utilizado material aluvionar, este deverá obedecer às seguintes prescrições:

A granulometria, de tipo contínuo, respeitará o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
75 mm (3")	100
63 mm (2 1/2")	90 - 100
4,75 mm (nº 4)	35 - 60
0,075 mm (nº 200)	0 - 15

- A percentagem de material retido no peneiro de 19 mm (3/4") deve ser inferior a 30%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima..... 35%
- Limite de liquidez, máximo 25%
- Índice de plasticidade, máximo..... 6%
- Equivalente de areia, mínimo..... 45% a)

a) Se o equivalente de areia for inferior a 45%, o valor de azul de metileno corrigido (VA_C), deverá ser inferior a 30, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$VA_C = VA * \frac{\% P\#200}{\% P\#10} * 100$$

Sendo:

VA – Valor de azul de metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 µm

%P#200 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 200 ASTM

%P#10 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 10 ASTM

Nota: A verificação dos limites de consistência será dispensada sempre que a percentagem de material passado no peneiro de 0,075 mm (nº200), for inferior a 5%.

3.2.1.3. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.5. *Agregados para camadas de sub-base e base granulares.*

Devem, ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica obtida por produção directa, respeitará o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada o material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
31,5 mm (1 1/4")	75 - 100
19,0 mm (3/4")	55 - 85
9,5 mm (3/8")	40 - 70
6,3 mm (1/4")	33 - 60
4,75 mm (nº 4)	27 - 53
2,00 mm (nº 10)	22 - 45
0,425 mm (nº 40)	11 - 28
0,180 mm (nº 80)	7 - 19
0,075 mm (nº 200)	2 - 10

- A percentagem de material retido no peneiro de 19 mm (3/4") deve ser inferior a 30%
- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima..... 45%
- Limite de liquidezNP
- Índice de plasticidadeNP
- Equivalente de areia mínimo 45% a)

a) Se o equivalente de areia for inferior a 45%, o valor de azul de metileno corrigido (VA_C), deverá ser inferior a 30, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$VA_C = VA * \frac{\% P\#200}{\% P\#10} * 100$$

Sendo:

VA – Valor de azul de metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 µm

%P#200 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 200 ASTM

%P#10 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 10 ASTM

Nota: A verificação dos limites de consistência será dispensada sempre que a percentagem de material passado no peneiro de 0,075 mm (nº200), for inferior a 5%.

3.2.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.2.2.1. Estudo laboratorial

Da realização prévia de um estudo laboratorial resultará a definição:

- Das características do solo ou material granular;
- Da curva granulométrica de referência;
- Do teor em água ótimo;
- Da baridade seca de referência (no caso de solos);

- Do índice de vazios de referência (no caso de materiais granulares).

O estudo laboratorial deve ser apresentado à Fiscalização para aprovação pelo menos 60 dias antes do início da aplicação em obra.

A metodologia a seguir descrita aplica-se aos materiais granulares, naturais ou não, cuja granulometria apresenta uma percentagem de material retido no peneiro ASTM 19 mm (3/4") inferior a 30%.

Para a aplicação desta metodologia torna-se necessário corrigir, de acordo com a norma AASHTO T 224, os valores da baridade seca máxima e o teor ótimo em água, determinado de acordo com a especificação *LNEC E 197 – solos. Ensaio de compactação*, de modo a ter em atenção as diferentes proporções de material retido no peneiro ASTM de 3/4" (19 mm) nos agregados a ensaiar.

Seguindo o processo de compactação pesada em molde grande e sem qualquer substituição de material retido no peneiro de 3/4" (19 mm), determina-se a baridade seca máxima B_{sm} da fracção do agregado passada no peneiro ASTM de 3/4" (19 mm) e o correspondente teor em água ótimo W_o .

Determina-se a massa volúmica das partículas secas da fracção retida no referido peneiro de 3/4", G e a correspondente absorção de água, W_a .

Determina-se igualmente a massa volúmica das partículas secas das fracções retida e passada no peneiro ASTM nº 4 (4,75 mm) e a média ponderada desses valores que se tome como representativo do agregado inicial.

Aplica-se as expressões seguintes respectivamente para a determinação da baridade seca máxima e do teor em água ótimo corrigidos.

$$B_{smc} = \frac{100}{\frac{X}{G} + \frac{Y}{nb_{sm}}}$$

$$W_{ac} = \frac{W_o y + W_a X}{100}$$

Sendo:

X – Percentagem de material retido no peneiro ASTM de 3/4"

Y – Percentagem de material passado no mesmo peneiro

n – Coeficiente dependente da percentagem (X) da fracção retida no mesmo peneiro, relativamente à massa total do agregado, dado pela tabela:

n	1,00	0,99	0,98
X	<20	21-25	26-30

A curva de relação entre compactações relativas e índices de vazios, será obtida a partir das baridades secas máximas corrigidas obtidas em ensaios de compactação com variação de energia (55-25-12 pancadas) e dos correspondentes índices de vazios calculados a partir do valor da massa volúmica das partículas secas do agregado integral.

Será sempre obrigatório a realização de um trecho experimental para se traçar o gráfico da relação entre a variação do índice de vazios corrigidos ou grau de compactação e o número de passagens dos cilindros.

3.2.2.2. Preparação da plataforma de apoio do pavimento

Antes de se iniciarem os trabalhos de pavimentação devem ser verificadas as condições em que se encontra a camada do leito de pavimento e nomeadamente da sua superfície (plataforma de apoio do pavimento), designadamente o seu nivelamento e sua capacidade de suporte, de modo a garantirem-se as condições imprescindíveis para uma boa construção da primeira camada do pavimento.

O leito do pavimento deverá apresentar a espessura definida no projecto em pelo menos um ponto sendo nos restantes feito o acerto que garanta a inclinação de 6% da fundação das terraplenagens. Deverá ter uma compactação relativa mínima de 95% quando referida ao ensaio Proctor Modificado.

A superfície de camada deve ser regular, com inclinações transversais de 2,5% em recta e a definida no projecto quando em curva. Não deve apresentar diferenças superiores a 5 cm em relação ao perfil longitudinal do projecto nem irregularidades superiores a 2 cm quando verificadas com a régua de 3 m. Estas condições devem ser verificadas imediatamente antes da construção da camada sobrejacente.

3.2.2.3. Exploração ou fabrico e armazenamento

Exploração em jazidas de solos ou materiais granulares aluvionares

A exploração de jazidas de materiais naturais (solos ou materiais granulares aluvionares) pode ser realizada em linha ou recorrendo a empréstimo. A exploração deve ser executada de forma a manter a homogeneidade do material extraído.

A escavação nas jazidas será feita de modo a garantir a drenagem natural das águas.

O planeamento da exploração deve ser compatível com as necessidades de colocação em obra, evitando o armazenamento intermédio de materiais, de forma a não ocorrerem variações excessivas do teor em água do material desde a extracção até à colocação em obra.

As zonas de exploração serão submetidas à aprovação da Fiscalização e devem ser modeladas no fim da sua utilização.

Fabrico e armazenamento de materiais granulares britados

Os materiais granulares britados devem ser produzidos em instalações de britagem adequadas, que garantam a constância das condições de produção, a homogeneidade granulométrica e o teor em água do material produzido.

As instalações de britagem devem estar equipadas com sistemas de pulverização de água, de forma a evitar a segregação dos materiais.

O armazenamento dos materiais produzidos deve ser feito de preferência em áreas devidamente preparadas. Quando tal não for possível, será feito o armazenamento ao longo da linha de acordo com as necessidades de aplicação, de modo a evitar operações de carga e transporte complementares. Neste caso o material será armazenado sobre a plataforma previamente preparada e aprovada pela Fiscalização.

Devem ser construídas plataformas adequadas, devidamente niveladas, de modo a evitar-se a contaminação do material armazenado e a garantir-se a drenagem das áreas de armazenamento.

O armazenamento deve processar-se construindo um depósito com camadas de espessura não superior a 1,0 m e formando degraus nos bordos das camadas, de modo a evitar a formação de taludes contínuos. O material deverá ser espalhado com tractor de rastos e ser depositado na frente da camada para se reduzir a sua segregação. O carregamento para transportes posterior, deve ser feito frontalmente e com balde. Nesta fase o material não deve ser empurrado com tractor. Não é permitido o armazenamento em pilha.

Antes do início do processo de fabrico e durante o período de execução dos trabalhos, é obrigatório o armazenamento dos materiais necessários à produção de 15 dias.

Tolerâncias no fabrico

As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho aprovada, cumprindo o especificado nas especificações para as características dos materiais são as seguintes:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200) $\pm 2\%$
- % de material que passa no peneiro ASTM 0,180 mm (nº 80) $\pm 3\%$
- % de material que passa no peneiro ASTM 2,00 mm (nº 10) $\pm 4\%$
- % de material que passa no peneiro ASTM 4,75 mm (nº 4), ou malha mais larga $\pm 5\%$

3.2.2.4. Transporte e espalhamento

O transporte deve ser realizado por camiões basculantes. Se o material se encontrar excessivamente seco, previamente ao transporte, deve ser feita a correcção do teor em água por rega da frente de carregamento.

Devem utilizar-se, no espalhamento do material de sub-base, motoniveladoras ou pavimentadoras adequadas, que permitam que a superfície da camada se mantenha aproximadamente com a forma definitiva. O espalhamento deve ser feito regularmente e de modo a que toda a camada esteja perfeitamente homogénea e que a sua espessura, após compactação, seja a prevista no projecto.

Se durante o espalhamento se formarem rodeiras, vincos ou qualquer outro tipo de marca inconveniente que não possa ser facilmente eliminada por cilindramento, deve proceder-se à escarificação e homogeneização da camada, e posterior regularização da superfície.

3.2.2.5. Compactação e correcção do teor em água

Se, antes de se iniciar a compactação, se verificar que os materiais utilizados não têm a humidade adequada, deve proceder-se à sua correcção. Para isso deve escarificar-se a camada e deixar ajustar o teor em água por secagem ou outro meio, no caso de ele estar em excesso. No caso contrário proceder-se-á a uma distribuição uniforme de água, empregando-se carros tanques de pressão cujo jacto deverá, quanto possível, cobrir a largura total da área a tratar. Esta distribuição de água deve organizar-se de modo a ser feita de forma rápida e contínua.

A compactação da camada será obrigatoriamente efectuada por cilindro vibrador, seguida da compactação com cilindros de pneus, de forma a serem atingidas as condições a seguir indicadas.

Em solos seleccionados a compactação relativa, referida ao ensaio Proctor Modificado, não deve ser inferior a 95%.

Em materiais granulares aluvionares e agregados britados de granulometria extensa devem ser atingidos índices de vazios inferiores a determinado índice de referência, cujo valor será determinado como se indica em 3.2.2.1. *Estudo laboratorial*. Tal valor será o correspondente, a uma baridade seca igual a 95% da que se obteria com uma energia equivalente à do ensaio Proctor Modificado.

3.2.2.6. Regularidade da superfície acabada

A superfície da camada deve ficar lisa, uniforme, isenta de fendas, ondulações ou material solto, não podendo, em qualquer ponto, apresentar diferenças superiores a 3,0 cm, em relação aos perfis transversais e longitudinais estabelecidos, nem apresentar irregularidades superiores a 2 cm quando medidas com a régua de 3 m.

3.2.2.7. Espessura da camada

A espessura da camada, depois de compactada, será a definida no projecto.

No caso de se obterem espessuras inferiores às fixadas, não será permitida a construção de camadas delgadas a fim de se obter a espessura projectada. Proceder-se-á à escarificação total da camada e à adição do material necessário antes de ser compactado.

No entanto, se a Fiscalização assim o entender, poderá aceitar que a compensação da espessura desta camada seja feita por aumento equivalente de espessura na seguinte.

3.2.2.8. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub capítulo 3.22. *Controlo da qualidade*.

Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos nos ensaios acima referidos, devem obedecer ao estipulado em 3.2.1.1., 3.2.1.2 e 3.2.1.3. relativamente à granulometria, as tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho são as definidas em 3.2.2.3. *Exploração ou fabrico e armazenamento* no referente às tolerâncias de fabrico.

Após a aplicação

- Espessura das camadas

O controlo e eventual correcção da espessura das camadas serão feitos de acordo com o definido em 3.2.2.7. *Espessura da camada*.

- Grau de compactação e índice de vazios

Os valores relativos ao grau de compactação ou índice de vazios deverão obedecer ao definido em 3.2.2.5. *Compactação e correcção do teor em água*, em pelo menos 95% dos valores medidos.

- Regularidade

Os valores relativos à regularidade da superfície da camada depois de compactada, devem obedecer ao especificado em 3.2.2.6. *Regularidade da superfície acabada*

3.3. CAMADAS DE MISTURAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS COM CARACTERÍSTICAS DE SUB-BASE

3.3.1. Solo-cimento fabricado em central

3.3.1.1. Solos

Deverão ser cumpridas as especificações mencionadas em 3.1.1. *Solos*.

Composição granulométrica

Os materiais a estabilizar com cimento deverão ter uma dimensão máxima inferior a metade da espessura da camada compactada, sem exceder os 75 mm. Não deverão conter mais de 65%, em peso, de elementos retidos no peneiro nº 10 ASTM, nem a percentagem de material passada no peneiro nº 200 ASTM ser superior a 35%.

Plasticidade

Salvo demonstração, por parte do Adjudicatário, de que o equipamento disponível tem uma capacidade de desagregação suficiente para se conseguir uma mistura homogénea do solo com o cimento, a fracção retida no peneiro nº 40 ASTM deverá obedecer às seguintes características:

- Limite de liquidez, máximo 35%
- Índice de plasticidade, máximo..... 15%

Poderá ser utilizado qualquer outro solo desde que exista um estudo que comprove as características de resistência e homogeneidade necessárias.

Composição química

O teor em sulfatos, expresso em SO₃, não deve exceder 0,2%. Se for superior a 0,5%, em peso, deverá empregar-se para a estabilização um cimento Portland resistente ao gesso. Em caso algum se deverá exceder o dito teor em sulfatos em mais do que 1%, em peso.

3.3.1.2. Composição da mistura

O teor em ligante da mistura, em peso, resultará do estudo laboratorial, fixando-se como mínimo absoluto o valor de 3%.

A dosagem em cimento deverá ser capaz de conferir ao solo estabilizado e compactado uma resistência à tracção por compressão diametral, aos 7 dias, nunca inferior a 0,2 MPa, aos 28 dias nunca inferior a 0,3 MPa e superior a 2,0 MPa à compressão simples, ou o valor de resistência definido no projecto de Pavimentação.

O teor em água da mistura será fixado em laboratório de tal forma que as resistências mecânicas sejam as mais elevadas, sem todavia ser inferior em mais de 1% ao teor óptimo obtido no ensaio AASHO modificado sobre a mistura solo-cimento.

3.3.2. Solo-cimento fabricado “in situ”

Os materiais a estabilizar com cimento “in situ” deverão obedecer às especificações definidas em 1.4.3.6. *Solo a tratar com cimento*, do capítulo 1 – *Terraplenagens*.

Depois de estabilizados deverão apresentar as características definidas em 1.4.3.7. *Solo tratado com cimento*, do capítulo 1 – *Terraplenagens*.

3.3.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.3.3.1. Estudo da mistura e obtenção da composição de trabalho

A execução da mistura não deverá ser iniciada antes de ter sido estudada a correspondente composição, a qual terá de ser apresentada com 90 dias de antecedência para fins de aprovação da Fiscalização.

A composição indicará:

- O teor em cimento e/ou cal;
- O teor em água do solo no momento da mistura e da mistura no momento da compactação;
- O valor mínimo da densidade a obter;
- Resistência à compressão diametral superior a 0,2 MPa aos 7 dias e 0,3 MPa aos 28 dias, ou o valor definido no projecto.

Admitir-se-á uma tolerância na dosagem do cimento ou cal, em relação à fixada na composição de trabalho, de $\pm 0,3\%$ do peso seco do solo.

No decorrer dos trabalhos, a Fiscalização poderá corrigir a composição de trabalho, com o objectivo de melhorar a qualidade da estabilização. Deverá ser justificada devidamente, mediante um novo estudo e ensaios oportunos.

A aceitação do estudo exigirá a aprovação do local de empréstimo e a confirmação da existência dos volumes disponíveis, pela Fiscalização.

3.3.3.2. Preparação da superfície existente

A camada sobre a qual será espalhada a mistura proveniente da central, deve apresentar uma compactação relativa mínima de 95%, quando referida ao ensaio Proctor Modificado. Será previamente humidificada, não sendo todavia permitido o aparecimento de água livre.

3.3.3.3. Desagregação do solo

O solo a ser estabilizado deverá ser desagregado previamente, até se conseguir uma eficácia mínima de 100%, referida ao peneiro de 25 mm (1") ASTM e de 80%, referida ao peneiro nº 4 (4,75 mm)

ASTM. Por eficácia de desagregação entende-se a relação entre retido e o passado no peneiro a que se refere antes e depois da desagregação.

3.3.3.4. Humidade do solo

A humidade do solo desagregado, imediatamente antes da sua mistura com o cimento ou cal, deverá ser tal, que permita uma mistura uniforme e íntima de ambos com o equipamento utilizado. Esta não deverá estar abaixo da fixada na composição de trabalho e se necessário poder-se-á humedecer previamente o solo, para facilitar a dita mistura.

Não se poderá distribuir o cimento ou a cal quando houver concentrações de humidade.

Os solos coesivos secos deverão ser humedecidos no dia anterior à execução da mistura, para que todos os grumos fiquem interiormente molhados.

3.3.3.5. Fabrico

Fabrico em central

Antes do início do processo de fabrico e durante o período de execução dos trabalhos, é obrigatório o armazenamento permanente em estaleiro dos materiais necessários à produção de 15 dias.

Só será permitido o início do fabrico após confirmação, pela Fiscalização, dos volumes e características das zonas de empréstimo.

O fabrico da mistura será feito em central apropriada, de tal modo que permita a obtenção da composição pré-fixada no estudo laboratorial. Esta central deverá ser provida de tremonhas doseadoras, que permitam dosear, em separado, o solo desagregado com a humidade adequada, o cimento ou cal e a água.

Uma vez misturados o cimento ou cal e a água, de modo que a mistura seja homogénea e sem grumos, deverá ser adicionada a água necessária para se atingir a humidade fixada na composição pré-fixada no estudo laboratorial. O Empreiteiro deverá ter em conta a precipitação e a evaporação da água que poderá ocorrer durante a execução dos trabalhos.

A mistura deverá continuar até se obter material homogéneo.

A central de fabrico deverá ser composta, no mínimo, pelos seguintes órgãos:

- Tremonha doseadora para os solos;
- Silos para o ligante hidráulico com capacidade adequada à produção (pelo menos dois);
- Misturadora horizontal com dois eixos paralelos munidos de pás;
- Doseador de água (medidor de caudais);
- Doseador de aditivos;
- Tremonha de armazenagem com dispositivo anti-segregação, com capacidade adequada à produção.

A dosagem do ligante hidráulico terá de ser feita através de pesagem acompanhada do respectivo registo. Devem utilizar-se vibradores adaptados à tremonha dos solos, de modo a evitar o efeito de "abóbada".

A central de fabrico deve ser capaz de fornecer um rápido abastecimento, para que a progressão dos trabalhos seja ininterrupta, com a consequente minimização das juntas de construção.

Os aditivos serão dissolvidos na água de amassadura.

A duração do tempo de mistura depende do tipo de misturadora e será fixado pela Fiscalização, mediante ensaio prévio.

3.3.3.6. Transporte

O processo de transporte deve ser tal que minimize a exposição às condições atmosféricas, devendo aquele ter a menor duração possível.

O tempo decorrido desde o início da mistura até ao início da compactação não será superior a 1 hora, caso não se utilize retardador de presa.

3.3.3.7. Colocação em obra

Estas especificações referem-se ao solo-cimento fabricado em central. Para o solo-cimento fabricado “in situ”, aplica-se o definido no capítulo 1 – *Terraplenagens* em 1.7.1.4. *Solos tratados com cal e/ ou cimento*.

Espalhamento

A camada em solo-cimento (ou solo-cal) só poderá ser executada enquanto a temperatura ambiente, à sombra, for superior a 5 °C e não se preveja formação de gelo.

O espalhamento e a regularização da camada serão simultâneos e de tal forma que a sua espessura, depois da compactação, seja a prevista no projecto.

Caso haja risco de ocorrência de chuvadas durante o período dos trabalhos, estes deverão ser imediatamente suspensos e deverá ser aplicado o tratamento de cura preconizado.

Compactação

No início da compactação, a humidade do solo estabilizado com cimento não deverá diferir da fixada na composição de trabalho em mais de 2% do peso da mistura. Se, apesar da humidade estar de acordo com o especificado, durante as operações ocorrerem fenómenos de instabilidade, deverá reduzir-se a humidade e/ou promover o arejamento, até que deixem de produzir-se tais fenómenos.

No caso de ser necessário juntar água, esta operação deverá ser efectuada de modo a que a humidificação dos materiais seja uniforme.

No momento de se iniciar a compactação, a mistura deverá estar solta em toda a sua espessura.

O sistema de compactação deve ser constituído, pelo menos, por um cilindro vibrador com peso não inferior a 9 t e por um cilindro de pneus cuja carga por roda seja superior a 2 t e com uma pressão de enchimento à volta de 5 kg/cm².

O número de passagens do cilindro vibrador será em princípio de 4, só sendo aumentado se a experiência demonstrar que não tem efeitos contraproducentes. Para alguns tipos de solos, nomeadamente os de litologia granítica, deverá evitar-se que a primeira passagem do cilindro seja estática (como é habitual). Deste modo pretende-se evitar que uma precoce densificação das partículas

mais superficiais determine o surgimento de fissuração generalizada, não eliminável pelas posteriores passagens do cilindro de pneus.

O número de passagens do cilindro de pneus será determinado de tal forma que a baridade seca, referida ao ensaio Proctor Modificado, seja superior a 95%.

Durante toda a operação de compactação, deverá ser mantido um processo manual de regularização e acabamento de tal forma que a superfície fique lisa, uniforme, isenta de fendas e ondulações, de modo a obter-se a rasante e as secções definidas no projecto, com as tolerâncias estabelecidas neste Caderno de Encargos.

Não poderá ser superior a 3 horas o tempo decorrido entre a mistura do cimento com o solo e o fim da compactação.

A espessura mínima da camada deverá ser de 0,20 m, após boa compactação. Não se admitem diferenças na espessura relativamente às projectadas de 3cm por excesso ou de 2 cm por defeito. Neste último caso, a Fiscalização poderá determinar a demolição da camada e sua posterior reconstrução e, quando se verifique diferença acentuada por excesso, a sua imediata correcção.

Acabamento da superfície

Uma vez finalizada a compactação da camada, não será permitido o seu acréscimo. Dentro do prazo máximo de execução estabelecido poderá haver corte com a motoniveladora até se conseguir a rasante e as secções definidas no projecto, com as tolerâncias estabelecidas no Caderno de Encargos. A seguir deverá proceder-se à eliminação de todo o material solto por meio de varredores mecânicos, ou outros meios adequados, e será recompactada a área corrigida.

Concluídas as operações de compactação e acabamento, as quais deverão ser tão rapidamente executadas quanto possível, não será permitido qualquer tráfego de obra sobre a camada em solo-cimento até que seja considerado terminado o processo de cura, exceptuando naturalmente o equipamento necessário à aplicação do tratamento para a referida cura.

Execução de juntas

As juntas de trabalho deverão ser cortadas verticalmente.

As juntas transversais deverão executar-se sempre que o processo construtivo seja interrompido por mais de 3 horas e, as longitudinais, quando tal suceda por mais de 1 hora.

As juntas deverão ser limpas e humidificadas antes da ligação com o novo trecho e, se necessário, cortadas novamente.

Cura da mistura e tratamento superficial

A mistura deverá ser mantida húmida, pelo menos durante um período de 7 dias após ter sido concluída. Para tal e antes de terem decorrido 24 h do final das operações de acabamento e enquanto a superfície está húmida, deverá ser aplicado um tratamento betuminoso de cura.

O elemento betuminoso será uma emulsão betuminosa catiónica C60 B2 (anteriormente designada por ECR-1) com as características definidas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*, espalhada a uma taxa de betume residual da ordem de 1,0 kg/m². Essa operação deverá ser imediatamente

complementada pelo espalhamento dum areão de partículas duras, ou de gravilha 6/10 mm (especificação idêntica à das gravilhas para revestimentos betuminosos superficiais), numa quantidade tal que recubra perfeitamente toda a superfície regada. Este tratamento, para além de constituir um processo de cura, é muito importante, na medida em que possibilitará boas condições de ligação à camada suprajacente, suposta betuminada (por incremento do atrito na interface), aspecto que se pode considerar estruturalmente relevante. Quando o solo-cimento se integre numa estrutura de tipo "inverso", deixa de ser importante a consecução de uma perfeita aderência do material de recobrimento da rega betuminosa, o qual passa a ser necessário unicamente por razões de ordem prática.

A circulação dos veículos, mesmo ligeiros, será interdita pelo menos durante 7 dias, após a aplicação dos solos estabilizados com cimento e a aplicação do sequente tratamento de cura. Só será utilizada a circulação após a realização dos ensaios de resistência aos 7 dias.

Trecho experimental

Após ter sido adoptada a composição para a mistura por meio de ensaios prévios em obra, proceder-se-á à realização de um trecho experimental, localizado de acordo com a Fiscalização e que terá um comprimento mínimo de 50 m, no qual será aprovado o equipamento de compactação e se determinará o plano de trabalho.

Serão retiradas amostras de solo estabilizado, que serão ensaiadas para se determinar se estarão de acordo com as condições especificadas quanto ao grau de desagregação do solo, humidade, espessura da camada, densidade, teor em cimento ou cal e demais requisitos exigidos.

Se os resultados não forem satisfatórios deverão iniciar-se imediatamente as necessárias correcções e, se for necessário, modificar-se-á a composição de trabalho, repetindo-se as secções de ensaio uma vez efectuadas as correcções.

Tolerâncias da superfície acabada

A superfície acabada não poderá apresentar, em qualquer ponto, diferenças superiores a 2,0 cm, em relação aos perfis transversais e longitudinais estabelecidos.

Em termos de espessura da camada realizada, deverão ser rigorosamente respeitadas as tolerâncias já indicadas no presente artigo e o correspondente procedimento.

As zonas que não cumpram as tolerâncias indicadas ou que retenham água sobre a superfície, deverão ser corrigidas de acordo com o seguinte procedimento:

- O corte e a recompactação da zona alterada só poderão ter lugar se estiver dentro do prazo máximo fixado para a aplicação em obra. Se houver passado o dito prazo, deverá ser reconstruída totalmente a zona afectada, de acordo com as indicações da Fiscalização;
- No caso de se obterem cotas inferiores às fixadas não será permitida a construção de camadas delgadas a fim de se obter a geometria superficial projectada. Em princípio, poderão ser adoptadas as seguintes soluções, de acordo com as indicações da Fiscalização, o aumento da camada imediatamente superior ou a reconstrução da zona afectada.

Limitações na execução

As estabilizações com cimento (ou cal) só deverão em princípio ser efectuadas quando a temperatura ambiente, à sombra, for superior a 5 °C e não exista receio de geadas. No entanto, se a temperatura ambiente tender a aumentar, poderá fixar-se aquela temperatura limite em 2°C.

3.3.3.8. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub capítulo 3.23. *Controlo da qualidade.*

Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos nos ensaios acima referidos, devem obedecer ao estipulado em 3.3.1 e 3.3.2. Relativamente à dosagem de cimento ou cal admite-se a tolerância definida em 3.3.3.1. *Estudo da mistura e obtenção da composição de trabalho.*

Após a aplicação

- Espessura das camadas

O controlo e eventual correcção da espessura das camadas serão realizados de acordo com o definido para a compactação em 3.3.3.7. *Colocação em obra.*

- Grau de compactação e índice de vazios

Os valores referentes ao grau de compactação deverão obedecer ao definido em 3.3.3.7. *Colocação em obra* para a compactação, em pelo menos 95% dos valores medidos. Relativamente à resistência à flexão os valores obtidos deverão estar de acordo com o definido em 3.3.1.2. *Composição da mistura*, em pelo menos 95% dos valores obtidos no controlo de rotura.

- Regularidade

Os valores relativos à regularidade da superfície da camada depois de compactada, devem obedecer ao definido em 3.3.3.7. *Colocação em obra* para as tolerâncias da superfície acabada.

3.4. CAMADAS EM AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA COM CARACTERÍSTICAS DE BASE

Este sub-capítulo diz respeito aos agregados britados de granulometria extensa, de produção directa ou misturados em centrais adequadas, utilizados em camadas de base.

3.4.1. Agregado britado de granulometria extensa

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.5. *Agregados para camadas de sub-base e base granulares.*

Devem ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida por produção directa, respeitará o fuso granulométrico indicado em 3.2.3., incluindo a percentagem de material retido no peneiro de 19 mm (3/4”) que terá de ser inferior a 30%.
- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima 40%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 35%
- Limite de liquidezNP
- Índice de plasticidade.....NP
- Equivalente de areia, mínimo 50% a)

a) Se o equivalente de areia for inferior a 50%, o valor de azul de metileno corrigido (VA_c), deverá ser inferior a 25, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$VA_c = VA * \frac{\% P\#200}{\% P\#10} * 100$$

Sendo:

VA - Valor de azul de metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 µm

%P#200 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 200 ASTM

%P#10 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 10 ASTM

Nota: A verificação dos limites de consistência será dispensada sempre que a percentagem de material passado no peneiro de 0,075 mm (nº200), for inferior a 5%.

3.4.2. Agregado britado de granulometria extensa misturado em central

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.5. *Agregados para camadas de sub-base e base granulares*

Devem, ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6. e recomposta em central adequada, satisfazendo ao estipulado em 3.4.3., deve obrigatoriamente obedecer ao fuso granulométrico indicado em 3.2.3. Esta técnica é obrigatoriamente utilizada na produção de materiais para camadas de base.
- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima..... 40%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 35%
- Limite de liquidezNP
- Índice de plasticidade.....NP
- Equivalente de areia, mínimo 50% a)

a) Se o equivalente de areia for inferior a 50%, o valor de azul de metileno corrigido (VA_c), deverá ser inferior a 25, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$VA_c = VA * \frac{\% P\#200}{\% P\#10} * 100$$

Sendo:

VA – Valor de azul de metileno obtido pelo método da mancha no material de dimensão inferior a 75 µm (NF P 18-592)

%P#200 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 200 ASTM

%P#10 – Percentagem acumulada do material que passa no peneiro nº 10 ASTM

Nota: A verificação dos limites de consistência será dispensada sempre que a percentagem de material passado no peneiro de 0,075 mm (nº200), for inferior a 5%.

3.4.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.4.3.1. Estudo laboratorial

Da realização prévia de um estudo laboratorial resultará a definição:

- Das características dos agregados;
- Da composição dos agregados e da curva granulométrica de referência da mistura;
- Do teor em água ótimo;
- Do índice de vazios de referência.

O estudo laboratorial deve ser apresentado à Fiscalização para aprovação pelo menos 60 dias antes do início da aplicação em obra.

O índice de vazios de referência será obtido como se indica em 3.2.2.1. *Estudo laboratorial*. Tal valor é o correspondente a uma baridade seca igual a 98% da que se obteria com uma energia de compactação equivalente à do ensaio Proctor Modificado.

3.4.3.2. Fabrico e armazenamento

Fabrico

Os materiais granulares britados devem ser produzidos em instalações de britagem adequadas, que garantam, a constância das condições de produção, a homogeneidade granulométrica e o teor em água pré-definido.

As instalações de britagem devem estar equipadas com sistemas de pulverização de água que evitem a perda de pó e consequentemente a emissão de poeiras.

O armazenamento das fracções deve ser feito em áreas devidamente preparadas.

Devem ser construídas plataformas adequadas, devidamente niveladas, de modo a evitar-se a contaminação do material armazenado e a garantir-se a drenagem das áreas de armazenamento.

O armazenamento deve processar-se construindo um depósito com camadas de espessura não superior a 1,0 m. O material deverá ser espalhado com tractor de rastros e ser depositado na frente da camada para se reduzir a sua segregação. O carregamento para transportes posterior, deve ser feito frontalmente e com balde. Nesta fase o material não deve ser empurrado com tractor.

Não é permitido o armazenamento em pilha, especialmente nos materiais mais finos.

Antes do início do processo de fabrico e durante o período de execução dos trabalhos, é obrigatório o armazenamento permanente em estaleiro dos materiais necessários à produção de 15 dias. No caso do material granular de granulometria extensa misturado em central, os agregados devem ser armazenados por fracções granulométricas.

Os agregados deverão ser arrumados em estaleiro, de modo a que não possam misturar-se as fracções granulométricas distintas. A sua recolha deverá ser feita por desmonte frontal e, no caso dos agregados terem sido depositados sobre o terreno natural, não será permitida de modo algum a utilização dos 15 cm inferiores.

Armazenamento

A produção deve ser planeada de forma a evitar o armazenamento da mistura. O transporte para a frente de trabalho só será feito quando existirem condições para a sua aplicação. Em condições excepcionais poderá ser autorizado pela Fiscalização o armazenamento da mistura por períodos muito reduzidos, em depósito estratificado.

Tolerâncias no fabrico

As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho aprovada, cumprindo o especificado neste Caderno de Encargos para as características dos materiais, são as seguintes:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200) $\pm 2\%$
- % material que passa no peneiro ASTM 0,180 mm (nº 80)..... $\pm 3\%$
- % de material que passa no peneiro ASTM 2,00 mm (nº 10)..... $\pm 4\%$
- % de material que passa no peneiro ASTM 4,75 mm (nº 4), ou de malha mais larga $\pm 5\%$

3.4.3.3. Espalhamento

Deve utilizar-se no espalhamento do agregado moto-niveladoras, pavimentadoras - acabadoras ou outro equipamento similar, de forma a que a superfície da camada se mantenha com a forma definitiva.

Antes de se iniciar o espalhamento dever-se-á proceder à humedificação da superfície da camada subjacente.

O material deve ser humedificado durante a sua produção para que a segregação no transporte e espalhamento seja reduzida.

O espalhamento e a regularização da camada serão realizados em simultâneo e de tal forma que a sua espessura depois da compactação seja a prevista no projecto. O espalhamento deve ainda ser feito regularmente e de modo a evitar a segregação dos materiais, não sendo de forma alguma permitidas bolsadas de material fino ou grosso.

Se durante o espalhamento se formarem rodeiras, vincos, ou qualquer outro tipo de marca inconveniente que não possa facilmente ser eliminada por cilindramento, deve proceder-se à escarificação da camada e à homogeneização e regularização da superfície.

As manchas superficiais que evidenciam segregação do material, não podem ser corrigidas com adição de material fino.

3.4.3.4. Compactação

Se antes de iniciar a compactação o agregado não tiver o teor em água adequado, terá que se proceder à sua correcção, como se referiu em 3.2.2.5. *Compactação e correcção do teor em água.*

A compactação da camada deve ser obrigatoriamente efectuada por cilindro vibrador, devendo ser atingidos em todos os pontos índices de vazios inferiores ao índice de referência.

3.4.3.5. Regularidade da superfície acabada

A execução da camada deve ser tal que sejam obtidas as seguintes características finais:

- A camada deve apresentar-se perfeitamente estável e bem compactada;
- A superfície da camada deve ficar lisa, uniforme isenta de fendas, de ondulações ou material solto. Não deve apresentar em qualquer ponto, diferenças superiores a 1,5 cm em relação aos perfis longitudinal e transversal estabelecidos, nem apresentar irregularidades superiores a 1 cm, no sentido longitudinal e 1,5 cm no sentido transversal, quando medidas com a régua de 3 m.

3.4.3.6. Espessura da camada

A espessura de cada camada será a indicada no projecto.

No caso de se obterem espessuras inferiores às fixadas no projecto, não será permitida a construção de camadas delgadas, a fim de se obter a espessura projectada. Proceder-se-á à escarificação total da camada e à adição do material necessário antes de ser compactado.

No entanto, se a Fiscalização o julgar conveniente, poderá aceitar que a compensação de espessura seja realizada através do aumento de espessura da camada seguinte, determinado para que sejam estruturalmente equivalentes os pavimentos projectado e executado.

3.4.3.7. Impregnação betuminosa

Deve ser realizada uma impregnação da base de granulometria extensa que suporte directamente camadas betuminosas, salvo nos casos em que o projecto explicitamente a dispense ou quando sobre ela se aplique uma semi-penetração betuminosa.

Limpeza

A superfície a impregnar deve apresentar-se livre de material solto, sujidades, detritos e poeiras que devem ser retirados do pavimento para local onde não seja possível voltarem a depositar-se sobre a superfície a tratar.

A limpeza será basicamente efectuada por acção de escovas mecânicas e/ou sopro com ar comprimido e deverá deixar a descoberto as partículas com maiores dimensões, mas sem que estes iniciem desagregação do corpo da camada. Deverá obter-se o aspecto de um mosaico formado pelo topo das britas e gravilhas, devidamente travadas pelos materiais mais finos.

Após concluída a limpeza, ficará interdito o tráfego de obra sobre a zona tratada até que seja executada a rega de impregnação.

Caso se verifique tendência para desagregação superficial, seja por limpeza excessiva, por distorção granulométrica ou segregação, ou ainda em virtude do tráfego de obra, a Fiscalização deverá determinar a escarificação da camada e o seu posterior tratamento.

Execução

Na execução da rega de impregnação betuminosa deve ser observado o seguinte:

- Previamente à aplicação do aglutinante a superfície deve ser humidificada de modo a facilitar a penetração do aglutinante na camada;
- O aglutinante e a taxa de aplicação a utilizar deverão ser os indicados no projecto e com as características definidas em 3.1.9. O valor da taxa de espalhamento deverá ser ajustado experimentalmente;
- No momento de aplicação do aglutinante, a temperatura ambiente e do pavimento devem ser superiores a 5 °C.
- A aplicação da emulsão deverá ser feita por um camião cisterna com barra pavimentadora semi-automática ou automática;
- A distribuição do aglutinante não pode variar na largura efectiva, mais do que 15%;
- Quando o aglutinante não for completamente absorvido pela base no período de 24 horas, deve espalhar-se um agregado fino que permita fixar todo o aglutinante em excesso. Este agregado será rigorosamente isento de pó ou de outras matérias estranhas, devendo passar na totalidade pelo peneiro de 4,75 mm (nº 4) ASTM;
- O tempo que decorrerá entre a impregnação e a aplicação da camada seguinte será fixado pela Fiscalização, em face das condições climáticas.

Tolerância na percentagem de emulsão betuminosa

A tolerância na percentagem de emulsão betuminosa para impregnação é de $\pm 0,5\%$.

3.4.3.8. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no subcapítulo 3.2. *Controlo da qualidade*.

Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos nos ensaios acima referidos, devem obedecer ao estipulado nos capítulos 3.4.1. e 3.4.2. relativamente à granulometria. As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho são as definidas em 3.4.3.2. *Fabrico e armazenamento* nas tolerâncias de fabrico.

Após a aplicação

- Espessura das camadas

O controlo e eventual correcção da espessura das camadas serão feitos de acordo com o definido em 3.4.3.6. *Espessura da camada*.

- Grau de compactação e índice de vazios

Os valores relativos índice de vazios deverão obedecer ao definido em 3.4.3.4. *Compactação*, em pelo menos 95% dos valores medidos.

- Regularidade

Os valores relativos à regularidade da superfície da camada depois de compactada, devem obedecer ao definido em 3.4.3.5. *Regularidade da superfície acabada*.

3.5. CAMADAS DE MISTURAS COM LIGANTES HIDRÁULICOS COM CARACTERÍSTICAS DE BASE

Este sub-capítulo abrange as camadas com características de base, executadas em agregado britado de granulometria extensa tratado com ligantes hidráulicos e em betão pobre cilindrado.

3.5.1. Agregado britado de granulometria extensa tratado com ligantes hidráulicos

3.5.1.1. Materiais constituintes

O agregado de granulometria extensa com cimento, a aplicar na camada de base do pavimento, é uma mistura dos seguintes materiais:

- Agregados
- Cimento
- Água
- Eventualmente aditivos
- Cinzas volantes

Para protecção contra a evaporação da água necessária à cura do material, bem como contra as acções mecânicas resultantes da passagem do tráfego de obra, serão aplicados os seguintes materiais:

- Emulsão betuminosa
- Gravelha

As características, natureza, qualidade, procedência e dimensões dos materiais a aplicar deverão ser apresentadas à Fiscalização, para aprovação, pelo menos 90 dias antes da realização dos trabalhos.

3.5.1.2. Adjuvantes

Se o Empreiteiro julgar conveniente introduzir na mistura retardador de presa para aumentar o período de trabalhabilidade e, consequentemente, melhorar as condições de aplicação, deverá submeter à aprovação da Fiscalização as características técnicas e o modo de aplicação dos produtos, bem como o estudo da composição da mistura incluindo aditivo, devidamente justificado.

3.5.1.3. Agregados

Os agregados cumprirão as seguintes características:

- A composição granulométrica deverá obedecer ao seguinte fuso:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
37,5 mm (1 1/2")	100
31,5 mm (1 1/4")	75 - 100
19,0 mm (3/4")	55 - 85
9,5 mm (3/8")	40 - 70
6,3 mm (1/4")	33 - 60
4,75 mm (nº 4)	27 - 53
2,00 mm (nº 10)	22 - 45
0,425 mm (nº 40)	11 - 28
0,2 mm (nº 80)	7 - 19
0,075 mm (nº 200)	2 - 10

- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A) máxima..... 40%
- Índices de lamelação e alongamento máximo 30%
- Equivalente de areia mínimo 40% a)
- Teor em matéria orgânica máximo 0,5%
- Teor em sulfatos máximo 0,5%

a) Admitem-se equivalentes de areia até 35%, desde que o valor de azul de metileno seja inferior a 1,0 e a Fiscalização avalize o procedimento.

3.5.1.4. Características da mistura

O teor em ligante a incorporar na mistura, será no mínimo de 100 kg, de modo a obter uma resistência à tracção por compressão diametral superior a 1 MPa aos 28 dias, caso o projecto não exija um valor superior. O ligante a utilizar poderá ser constituído por cinzas volantes até uma percentagem de 30 %.

3.5.1.5. Emulsão betuminosa de protecção superficial

A emulsão betuminosa a aplicar para protecção contra a evaporação superficial da água necessária à cura do material será uma emulsão C60B2 (anteriormente designada por ECR - 1) com as características definidas em 3.1.8.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

3.5.1.6. Gravelha de protecção superficial

A gravelha a utilizar na protecção contra as acções mecânicas no caso da camada estar sujeita ao tráfego de obra deve resultar de material homogéneo e deve ser constituída por elementos rijos, duráveis, com boa adesividade ao aglutinante betuminoso, sem excesso de elementos lamelares ou alongados e isenta de argila ou outras substâncias prejudiciais.

Deve ainda obedecer às seguintes prescrições:

- Dimensão nominal 4/6 mm
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima 35%
- Material passado nos peneiros: n° 200 ASTM, não superior a 1%
- Material passado nos peneiros n° 20 ASTM, não superior a 0,5%
- Dimensão máxima / Dimensão média, máximo 1,8%
- Dimensão mínima / Dimensão média, máximo 0,6%
- Índices de lamelação e alongamento, máximo 25%

3.5.2. Betão pobre cilindrado

3.5.2.1. Materiais constituintes

O agregado de granulometria extensa com cimento, a aplicar na camada de base do pavimento, é uma mistura dos seguintes materiais:

- Agregados
- Cimento
- Água
- Eventualmente aditivos
- Cinzas volantes

Para protecção contra a evaporação da água necessária à cura do material, bem como contra as acções mecânicas resultantes da passagem do tráfego de obra, serão aplicados os seguintes materiais:

- Emulsão betuminosa
- Gravelha

As características, natureza, qualidade, procedência e dimensões dos materiais a aplicar deverão ser apresentadas à Fiscalização, para aprovação, pelo menos 90 dias antes da realização dos trabalhos.

3.5.2.2. Adjuvantes

Se o Empreiteiro julgar conveniente introduzir na mistura retardador de presa para aumentar o período de trabalhabilidade e, conseqüentemente, melhorar as condições de aplicação, deverá submeter à aprovação da Fiscalização as características técnicas e o modo de aplicação dos produtos, bem como o estudo da composição da mistura incluindo adjuvante, devidamente justificado.

3.5.2.3. Agregados

Os agregados deverão ser constituídos pelo produto de britagem de material pétreo explorado em formações homogéneas e serem isentos de argilas, matéria orgânica ou de quaisquer outras substâncias nocivas.

Deve, ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6, recomposta em central adequada, deve obrigatoriamente obedecer ao fuso granulométrico indicado em 3.2.3.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A) máxima 40%
- Índices de lamelação e alongamento máximo 30%
- Equivalente de areia mínimo 40% a)

- Teor em matéria orgânica máximo 0,5%
- Teor em sulfatos máximo 0,5%

a) Admitem que o equivalente de areia desça até 35%, desde que o valor de azul de metileno seja inferior a 1,0 e a Fiscalização avalize o procedimento.

3.5.2.4. Características da mistura

O teor em ligante a incorporar na mistura, será no mínimo de 100 kg, de modo a obter uma resistência à tracção por compressão diametral superior a 1 MPa aos 28 dias, caso o projecto não exija um valor superior. O ligante a utilizar poderá ser constituído por cinzas volantes até uma percentagem de 30 %.

3.5.2.5. Emulsão betuminosa de protecção superficial

A emulsão betuminosa a aplicar para protecção contra a evaporação superficial da água necessária à cura do material será uma emulsão C60B2 (anteriormente designada por ECR - 1) com as características definidas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

3.5.2.6. Gravelha de protecção superficial

A gravelha a utilizar na protecção contra as acções mecânicas no caso da camada estar sujeita ao tráfego de obra deve resultar de material homogéneo e deve ser constituída por elementos rijos, duráveis, com boa adesividade ao aglutinante betuminoso, sem excesso de elementos lamelares ou alongados e isenta de argila ou outras substâncias prejudiciais.

Deve ainda obedecer às seguintes prescrições:

- Dimensão nominal 4/6 mm
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima 25%
- Material passado nos peneiro nº 200 ASTM, não superior a 1%
- Material passado nos peneiro nº 20 ASTM, não superior a 0,5%
- Dimensão máxima / Dimensão média, máximo 1,8%
- Dimensão mínima / Dimensão média, máximo 0,6%
- Índices de lamelação e alongamento, máximo 25%

3.5.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.5.3.1. Estudo laboratorial de formulação / estudo de composição

Da realização prévia de um estudo laboratorial resultará a definição:

- Da curva granulométrica de referência;
- Do teor em água óptimo;
- Da baridade seca de referência;
- Do teor em ligante (cimento ou cimento+cinzas volantes);
- Do teor em eventuais aditivos.

O estudo laboratorial deverá ser apresentado à Fiscalização para aprovação pelo menos 60 dias antes do início da aplicação em obra.

A mistura de agregados, não incluindo o ligante, deverá ter uma granulometria que se situe dentro do fuso indicado em 3.5.1. e apresentar um andamento regular dentro deste. A curva granulométrica estabelecida servirá de referência às misturas a fabricar durante a realização dos trabalhos.

A curva de referência deverá ainda ter uma percentagem de material passado no peneiro nº 200 ASTM não superior a metade da do material passado no peneiro nº 40 ASTM.

Refira-se que a escolha de um material com curva granulométrica próxima do limite inferior do fuso, apresentado em 3.5.1., é preferível do ponto de vista do comportamento mecânico da mistura. Em contrapartida um material da zona inferior do fuso é de mais difícil compactação. A escolha depende, pois dos materiais disponíveis e do equipamento a utilizar na compactação em obra.

O teor em água óptimo para aplicação do material em obra será o teor óptimo (w_{opt}) obtido em ensaio com pilão vibrador de acordo com a especificação BS 1924 – Test 5. A baridade seca de referência será a correspondente àquele teor óptimo em água.

O teor em ligantes será, em princípio, o correspondente a uma resistência média à tracção em compressão diametral de 1,0 MPa aos 28 dias. Para a composição da mistura (agregados, cimento, água e eventuais aditivos) deverão ser moldados pelo menos 5 provetes de acordo com a especificação BS 1924 – Test 5 que serão ensaiados de acordo com a norma ASTM C496.

A adição de retardador de presa poderá ser adoptada caso seja necessário aumentar o período de trabalhabilidade. Caso não seja utilizado retardador de presa, não deverá ser superior a duas horas o tempo decorrido desde o fabrico até ao final da compactação da mistura. Caso a temperatura ambiente seja superior a 30 °C este período de trabalhabilidade é reduzido para metade.

O período de trabalhabilidade será o espaço de tempo decorrido entre a amassadura e a compactação da mistura que origina uma perda de 10% da resistência relativamente à situação da compactação imediatamente após a amassadura e em princípio não deve exceder as 2 horas.

A dosagem de retardador de presa deverá ser estabelecida de acordo com o período de trabalhabilidade necessário. A sua utilização só poderá ser feita após apresentação à Fiscalização dos efeitos por ele produzidos, nomeadamente na trabalhabilidade, na consistência e na resistência da mistura.

3.5.3.2. Ensaio prévios em obra

Os ensaios prévios em obra, a realizar pelo menos 60 dias antes da aplicação do material em obra, têm por objectivo comprovar que com o equipamento de fabrico, se obtém uma mistura com as características exigidas.

Para a composição, determinada a partir do estudo laboratorial, serão executadas 6 amassaduras diferentes. De cada uma serão moldados e conservados 6 provetes (total de 36 provetes).

A moldagem dos provetes será realizada em “moldes CBR” e os provetes serão compactados de acordo com a especificação BS 1924 – Test 5. Estes provetes serão conservados nos moldes durante 24 a 48 horas, em ambiente húmido, e posteriormente serão desmoldados e conservados em água à temperatura de 25°C.

De cada amassadura são ensaiados dois provetes aos 7 dias, outros dois aos 14 dias, e os restantes dois aos 28 dias, à compressão diametral de acordo com a norma ASTM C496. A composição é aceite se o valor médio da resistência à tracção em compressão diametral aos 28 dias for superior ou igual ao valor previsto no projecto.

Caso as resistências aos 7 e 14 dias sejam iguais ou superiores às obtidas no estudo laboratorial, poderá a Fiscalização decidir proceder à realização de um trecho experimental tendo a mistura a composição ensaiada. Tal não obsta, caso a resistência aos 28 dias não cumpra o referido no parágrafo anterior, aos acertos que se referem seguidamente.

A rejeição da composição ensaiada implica um ajuste nessa composição e/ou no processo de fabrico bem como a moldagem após esse ajuste de novos provetes cuja resistência média à compressão diametral aos 28 dias deve ser igual ou superior a 1,0 MPa. Este ajuste poderá ser iniciado caso as resistências aos 7 e 14 dias não sejam as exigidas.

3.5.3.3. Trecho experimental

Após ter sido adoptada uma composição para a mistura por meio dos ensaios prévios em obra, atrás descritos, proceder-se-á à realização de um trecho experimental com o mesmo tipo de plataforma de apoio, de equipamento, de ritmo de trabalhos e de métodos construtivos que se irão utilizar durante a execução da obra. O trecho experimental deve ser executado pelo menos 30 dias antes do início da aplicação.

O trecho experimental terá uma extensão mínima de 200 m e a sua localização deverá ser submetida à aprovação da Fiscalização.

Durante a realização do trecho experimental será verificado:

- Se os meios de transporte e colocação em obra permitem uma boa homogeneidade da camada;
- Se os meios de compactação permitem obter uma adequada compactidade da mistura;
- Se a espessura da camada e a sua regularidade superficial estão dentro dos limites especificados;
- Se o processo de protecção superficial da camada é o adequado;
- Se as juntas construtivas são realizadas correctamente.

Serão nomeadamente realizados os seguintes ensaios com a frequência mínima indicada:

- Medição da regularidade superficial com régua de 3 metros ao longo de um ou vários alinhamentos paralelos ao eixo longitudinal do trecho executado. A distância mínima entre ensaios consecutivos não será superior a 5 m;
- Medição da baridade húmida e do teor em água de colocação, após compactação da mistura, por aparelho nuclear e por garrafa de areia. Os ensaios com garrafa de areia deverão ser executados em locais onde tenha sido realizado um ensaio com aparelho nuclear. O aparelho nuclear será o utilizado posteriormente no controlo dos trabalhos e as medições da baridade húmida deverão ser realizadas por transmissão directa desde a máxima profundidade permitida pelo equipamento e pela espessura da camada;
- Medição da espessura da camada pela recolha de amostras por carotagem de acordo com a norma ASTM C42. Em cada semi-trecho deverão ser recolhidas, pelo menos, 5 amostras, nos locais onde foi medida a baridade por aparelho nuclear e onde foi executado um ensaio com garrafa de areia. Para além da medição da espessura, deve ser medida a baridade seca de acordo com a norma ASTM C642 e a resistência à compressão diametral de acordo com a norma ASTM C496, das amostras recolhidas do pavimento, para complementar as medições antes efectuadas;

- Medição da resistência à tracção em compressão diametral de provetes moldados em laboratório de acordo com a especificação BS 1924 - Test 5. Serão moldados, para cada secção, pelo menos 9 provetes, dos quais três serão ensaiados aos 7 dias, três aos 14 dias e os demais aos 28 dias, de acordo com a norma ASTM C496.

Os resultados obtidos no trecho experimental serão apresentados à Fiscalização para aprovação, podendo esta mandar repetir a realização do trecho experimental e introduzir correcções à composição da mistura e/ou aos processos construtivos se os resultados não forem os especificados.

3.5.3.4. Métodos construtivos

Limitações atmosféricas

A aplicação da mistura em obra só poderá ser feita quando a temperatura ambiente, à sombra, for superior a 5 °C, e não se preveja a formação de gelo.

Chama-se, ainda, a atenção para as limitações que em seguida se referem para o período de trabalhabilidade quando a temperatura ambiente, à sombra, é superior a 30 °C.

Caso haja risco de ocorrência de chuvas durante o período de realização dos trabalhos, estes deverão ser imediatamente suspensos, e deverá ser aplicada a rega de cura.

Equipamento

Todos os métodos utilizados na execução do trabalho, bem como todo o equipamento e sua instalação, nomeadamente no que se refere à central de fabrico, meios de transporte, de espalhamento, de compactação e de acabamento superficial da camada, devem ser submetidos à aprovação da Fiscalização pelo menos 3 meses antes do início da aplicação do material em obra. Deverá ser entregue à Fiscalização os documentos comprovativos da última revisão de cada equipamento.

Fabrico

O fabrico da mistura será feito em central apropriada, capaz de assegurar uma produção mínima adequada ao planeamento da obra. O plano de instalação da central, incluindo o equipamento, deverá ser submetido à apreciação da Fiscalização pelo menos 6 meses antes do início do processo de fabrico.

As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho aprovada, cumprindo o especificado neste Caderno de Encargos para as características dos materiais, são as seguintes:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200)± 1%
- % de material que passa no peneiro ASTM 0,180 mm (nº 80)± 2%
- % de material que passa no peneiro ASTM 2,00 mm (nº 10)± 4%
- % de material que passa no peneiro ASTM 4,75 mm (nº 4), ou de malha mais larga± 5%
- % de cimento.....± 0,3%

Antes do início do processo de fabrico de todas as misturas com ligantes hidráulicos é obrigatório o armazenamento em estaleiro, por fracções granulométricas, dos agregados necessários à produção de 15 dias de trabalho.

Os agregados deverão ser arrumados em estaleiro, de modo a que não possam misturar-se as fracções granulométricas distintas e espalhados por camadas de espessura não superior a 0,5 m a fim de se minimizar a segregação. A sua recolha deverá ser feita por desmonte frontal e, no caso dos agregados terem sido depositados sobre o terreno natural, não será permitida de modo algum a utilização dos 15 cm inferiores.

As camas dos stocks deverão ser previamente aprovados pela Fiscalização e ter uma pendente de forma a evitar acumulação de água.

A central do tipo volumétrico – ponderal ou superior deverá ser composta, no mínimo, pelos seguintes órgãos:

- Tremonhas doseadoras para cada uma das fracções granulométricas que compõem a mistura de agregados, no mínimo de quatro;
- Vibradores ou canhões pneumáticos adaptados à tremonha da fracção mais fina dos agregados de modo a evitar o efeito de “abóbada”;
- Medição automática do teor em água da fracção mais fina dos agregados;
- Silos para o cimento, com capacidade adequada à produção, no mínimo de dois;
- Doseadores de água e de aditivos;
- Misturadora de eixo horizontal com dois eixos paralelos munidos de pás;
- A dosagem do cimento terá que ser feita através de pesagem acompanhada do respectivo registo;
- Tremonha de armazenagem da mistura, com dispositivos anti-segregação, com capacidade adequada à produção e mínima de 20 m³;
- Dispositivo para paragem automática da central em caso de detecção de erro na dosagem do cimento, da água ou dos aditivos.

Os aditivos serão dissolvidos na água de amassadura. A duração do tempo de mistura, que depende do tipo de misturadora, será fixada pela Fiscalização, aquando dos ensaios prévios em obra.

Transporte

Os processos de enchimento dos camiões de transporte devem ser tais que minimizem a segregação e a exposição às condições atmosféricas, devendo o transporte ter a menor duração possível.

O tempo decorrido desde o início da mistura até ao início da compactação não será superior a 2 horas, caso não se utilize retardador de presa. Caso a temperatura ambiente seja superior a 30°C, este período de tempo é reduzido para metade.

Espalhamento

Aquando do espalhamento, a camada sobre a qual vai ser espalhada a mistura deve estar livre de materiais soltos e respeitar a compactação relativa mínima para ela especificada. A sua superfície será humidificada, não sendo, todavia, permitido o aparecimento de água livre.

A mistura será espalhada numa largura mínima de 4,5 m por meio de máquina pavimentadora (não é permitido espalhamento com motoniveladora). Caso a largura de espalhamento seja inferior à largura a pavimentar, e o período decorrido entre o espalhamento de faixas adjacentes seja superior a 2 horas, deve ser realizada uma junta longitudinal de acordo com o que adiante se indica.

O equipamento e técnica utilizados no espalhamento devem assegurar a não segregação dos materiais, não sendo permitidas bolsadas de material fino ou grosso, bem como a uniformidade e precisão relativamente à espessura da camada. É extremamente importante a garantia da espessura final mínima prevista no projecto, uma vez que pequenas variações de espessura poderão motivar a ruína precoce do pavimento a curto prazo.

Compactação

A compactação deve seguir imediatamente o espalhamento da mistura. Não poderá ser superior a 2 horas o tempo decorrido entre o fabrico da mistura na central e o fim da compactação, caso não se utilizem aditivos. Se a temperatura ambiente for superior a 30 °C, este período de trabalhabilidade é encurtado para metade.

O equipamento de compactação deve incluir, pelo menos, um cilindro vibrador e um cilindro de pneus. O seu número deve, no entanto, ser estabelecido em função do rendimento esperado.

A compactação relativa, referida ao ensaio de compactação realizado de acordo com a especificação BS 1924:1975, deverá ser superior a 98% dada a importância da compactação no comportamento mecânico da mistura a longo prazo, a Fiscalização reserva-se o direito de aprovar, ou não, o equipamento proposto pelo Adjudicatário.

A título informativo refere-se que o cilindro vibrador deverá ter uma carga estática por unidade de geratriz vibrante, superior a 30 kg/cm e o cilindro de pneus uma carga por roda superior a 3 tf (com pressão de enchimento dos pneus de cerca de 5 kgf/cm²). O número de passagens do cilindro vibrador será, em princípio, de 6 a 10, sendo as duas primeiras passagens feitas estaticamente. O número de passagens de cilindro de pneus será da ordem de 15 a 20.

Não será permitido o aumento da espessura da camada após o final da compactação.

Espessura da camada

A espessura indicada em projecto é o valor mínimo a obter em obra. No caso de se obterem espessuras inferiores não será permitida a construção de camadas delgadas. Se a Fiscalização o julgar conveniente poderá aceitar que a compensação seja realizada através do aumento da espessura da camada seguinte, determinada para que sejam estritamente equivalentes os pavimentos projectado e executado.

Regularidade da superfície acabada

A superfície da camada deve ficar lisa, uniforme isenta de fendas, de ondulações ou material solto, não podendo, em qualquer ponto, apresentar diferenças superiores a 1,5 cm em relação aos perfis longitudinal e transversal estabelecidos, nem apresentar irregularidades superiores a 1 cm, no sentido longitudinal e 1,5 cm no sentido transversal, quando medidas com a régua de 3 m.

Juntas

As juntas de trabalho transversais ocorrerão sempre que o processo construtivo se interromper para além do período de trabalhabilidade e no final de cada período de trabalho. As juntas de trabalho longitudinais, entre faixas adjacentes, são necessárias sempre que a largura de espalhamento for inferior à largura a pavimentar e o período decorrido entre o espalhamento de faixas adjacentes for superior ao período de trabalhabilidade.

A técnica de tratamento a dar às juntas deve ser estabelecida aquando da realização do trecho experimental. As juntas transversais devem ser cortadas verticalmente para remoção do material não adequadamente compactado. Sempre que não existir uma cofragem para contenção lateral durante a compactação, as juntas longitudinais serão formadas através da remoção da zona lateral não compactada, criando uma face vertical. Quer no caso das juntas longitudinais quer no caso das transversais, as faces cortadas, expostas às acções ambientais, devem ser protegidas contra a perda de água necessária à cura do material. Aquando da ligação do novo trecho, devem ser bem limpas de todo o material solto e humidificadas e, se necessário, cortadas novamente.

Cura e protecção contra a circulação de veículos

À superfície da camada deve ser aplicado um tratamento betuminoso de cura. A superfície deve ser mantida húmida até ao momento da aplicação deste tratamento, que deve ser feito tão cedo quanto possível, logo após a compactação e num prazo não superior a 4 horas.

Para o tratamento betuminoso de cura será aplicada uma emulsão C60 B2 (anteriormente designada por ECR-1) que cumpra as características definidas em 3.1.8.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*, a uma taxa de betume residual de cerca de 500 g/m². Caso se preveja a circulação de tráfego de obra directamente sobre a camada, deve ainda ser espalhada uma gravilha 4/6 à taxa de 7 a 8 litros/m². O tratamento de cura deve ser mantido e, se necessário, aplicado novamente até à execução da camada seguinte.

A circulação de veículos de obra sobre a camada deve ser restringida e será interdita durante 7 dias após construção. Caso, posteriormente, a camada seja frequentemente circulada pelo tráfego de obra, cuja carga seja compatível com a sua capacidade estrutural, a Fiscalização poderá mandar executar um revestimento superficial de protecção.

Antes da aplicação da camada sobrejacente, dever-se-á remover o tratamento de cura que se apresenta deslizado da camada, usando-se para o efeito vassouras mecânicas.

3.5.3.5. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub-capítulo 3.23. *Controlo da qualidade*.

Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos nos ensaios acima referidos, devem obedecer ao estipulado em 3.5.1 e 3.5.2. relativamente à granulometria e teor em ligante. As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho são as definidas no fabrico em 3.5.3.4. *Métodos construtivos*.

Após a aplicação

- Espessura das camadas

O controlo e eventual compensação da espessura das camadas serão feitos de acordo com o definido em 3.5.3.4. *Métodos construtivos*

- Grau de compactação e resistência à tracção

Os valores referentes ao grau de compactação e resistência à tracção deverão obedecer ao definido em 3.5.3.4. *Métodos construtivos*, em pelo menos 95% dos valores medidos.

- Regularidade

Os valores relativos à regularidade da superfície da camada depois de compactada devem obedecer ao definido em 3.5.3.4. *Métodos construtivos* para a regularidade da superfície acabada.

3.6. CAMADA DE AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM EMULSÃO BETUMINOSA COM CARACTERÍSTICAS DE BASE E/ OU REGULARIZAÇÃO

Este sub-capítulo refere-se à execução de camadas de base com agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão cujas características dos materiais e os processos construtivos obedecem ao apresentado de seguida.

3.6.1. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM EMULSÃO BETUMINOSA PARA CAMADAS DE BASE

3.6.1.1. Ligante

O ligante betuminoso será uma emulsão betuminosa catiónica C60B6 (anteriormente designada por ECL-1h) que satisfaça as características indicadas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

3.6.1.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do agregado britado de granulometria extensa tratada com emulsão betuminosa deverá, ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
25,0 mm (1")	100
19,0 mm (3/4")	90 - 100
12,5 mm (1/2")	65 - 90
9,5 mm (3/8")	55 - 75
4,75 mm (nº 4)	40 - 58
2,00 mm (nº 10)	25 - 40
0,850 mm (nº 20)	16 - 28
0,425 mm (nº 40)	12 - 22
0,180 mm (nº 80)	8 - 16
0,075 mm (nº 200)	4 - 10

- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima..... 40%
- Equivalente de areia mínimo 40% a)
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima 3%

a) Admitem-se equivalentes de areia até 35%, desde que o valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm, NF P 18-592) seja inferior a 1,0 e a Fiscalização avalize o procedimento.

3.6.1.3. Características da mistura

A mistura agregado-emulsão deverá proporcionar uma resistência conservada superior a 60% quando submetida ao ensaio de compressão simples em imersão/compressão sobre misturas betuminosas. Porém, a percentagem de betume residual nunca deverá ser inferior a 3%.

A resistência à compressão simples depois da imersão dos provetes deverá ser igual ou superior a 5000 N.

A mistura, após aplicação, deverá ter uma baridade seca igual ou superior a um valor mínimo de referência, conforme descrito nos processos construtivos.

3.6.2. AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA TRATADO COM EMULSÃO BETUMINOSA PARA CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO

O agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa deverá cumprir as especificações mencionadas em 3.6.1. *Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa para camadas de base.*

3.6.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.6.3.1. Estudo da composição e da fórmula de trabalho

Granulometria da mistura

A solução apresentada pelo Adjudicatário para a mistura de agregados deve situar-se dentro da banda granulométrica definida nas características dos materiais.

Organização do estudo

O estudo a apresentar pelo Adjudicatário para definição da fórmula de trabalho incluirá, obrigatoriamente, os seguintes passos e correspondentes boletins de ensaio:

- Determinação da perda por desgaste, na máquina de Los Angeles, das gravilhas componentes, para a granulometria A;
- Determinação da massa volúmica de cada uma das fracções granulométricas componentes;
- Idem, para a mistura das fracções granulométricas;
- Determinação do teor em água necessário à pré-molhagem dos inertes secos (a);
- Determinação do teor óptimo em líquidos, para fins de compactação (a);
- Definição da baridade mínima a obter em obra;
- Ensaio de imersão-compressão sobre a mistura betuminosa para fixar a percentagem em emulsão.

(a) Os valores obtidos em laboratório deverão ser ajustados no trecho experimental, face às características do equipamento disponível.

CrITÉRIOS gerais

O teor em água para pré-molhagem dos inertes secos será o mínimo necessário para se conseguir uma boa dispersão da emulsão. Para determiná-lo realizar-se-ão, em laboratório, operações de mistura com baixa percentagem de emulsão a utilizar, seleccionando-se o teor em água que, por observação visual, conduza aos melhores resultados.

O teor óptimo em líquidos, para fins de compactação, bem como a baridade máxima de referência correspondente, determinar-se-ão com base no ensaio Proctor Modificado, tomando-se, para baridade mínima a obter em obra, 98% daquele valor. Para se determinar a quantidade de água a adicionar em central deduz-se, do teor óptimo em líquidos, um valor referente à fase contínua da emulsão, bem como uma quantidade equivalente aos efeitos da fase dispersa, que é de cerca de 50% do teor em betume residual no caso das emulsões aniónicas e praticamente nula no caso das catiónicas.

O valor da água de adição deverá ser ajustado em obra para ter em conta a dessecação durante o transporte da mistura. Normalmente este é aumentado em cerca de 1%.

A percentagem em emulsão será determinada por ensaio de imersão-compressão (ASTM D 1075), o que inclui a compressão simples (ASTM D 1074), tendo em conta os critérios aqui definidos para determinação do teor em água para pré-molhagem dos agregados secos e do teor óptimo em líquidos, quando se proceda à compactação dos provetes.

3.6.3.2. Trechos experimentais

É indispensável, para ajustamento da fórmula de trabalho e processo construtivo, a realização de um trecho experimental.

Assim, deve o Adjudicatário executar, tão cedo quanto lhe for possível, um trecho experimental com cerca de 50 m de comprimento por 2,5 m de largura mínima, recorrendo ao equipamento que se proponha utilizar continuamente em obra. Deverão ser ensaiadas as fórmulas e as amostras necessárias para determinar a conformidade do material aplicado com as condições especificadas neste Caderno de Encargos quanto a granulometria, percentagem de ligante, teor em líquidos, grau de compactação, características mecânicas e demais requisitos exigíveis.

Caso os ensaios efectuados revelem que o material aplicado não se enquadra nas condições especificadas, deverão ser de imediato introduzidas as correcções julgadas necessárias que poderão significar mesmo uma alteração à fórmula de trabalho. Uma vez efectuadas as correcções, deverá repetir-se o troço experimental. O processo será iterativo, repetindo-se tantas vezes quantas as que se revelarem necessárias.

3.6.3.3. Preparação da superfície a recobrir

Condições da superfície existente

A camada constituída por agregado britado de granulometria extensa tratada com emulsão betuminosa não será aplicada sem que se verifique que a camada subjacente tem o grau de compactação e a regularidade especificadas. Para além disso terá de estar terminada a cura da impregnação betuminosa ou a rotura da emulsão, nos casos em que estas operações estejam previstas.

Limpeza

A superfície a recobrir deve apresentar-se isenta de sujidades, detritos e poeiras. A última operação de limpeza a realizar, imediatamente antes da rega de colagem ou de impregnação, consistirá, por exemplo, na utilização de jactos de ar comprimido para remover elementos finos eventualmente retidos naquela superfície.

Rega de colagem ou de impregnação

O tipo e a taxa de aplicação da rega de colagem ou de impregnação deverão ser as definidas no projecto. Porém, a taxa poderá ser ajustada em conformidade com as particularidades de cada caso e com o critério da Fiscalização, sob condição de não exceder respectivamente 0,3 e 0,6 kg/m² de betume residual. Qualquer adição de água à emulsão, só poderá ser efectuada com o prévio conhecimento da Fiscalização.

3.6.3.4. Fabrico, transporte e aplicação da mistura

Tolerâncias de fabrico

As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho aprovada, cumprindo o especificado neste Caderno de Encargos para as características dos materiais, são as seguintes:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200)± 1%
- % de material que passa no peneiro ASTM 0,180 mm (nº 80)± 2%
- % de material que passa no peneiro ASTM 2,00 mm (nº 10)± 4%
- % de material que passa no peneiro ASTM 4,75 mm (nº 4), ou de malha mais larga.± 5%
- % de betume residual± 0,5%

Fabrico

Antes do início do processo de fabrico de todas as misturas betuminosas é obrigatório o armazenamento em estaleiro, por fracções granulométricas, dos agregados necessários à produção de 15 dias de trabalho.

Os agregados deverão ser arrumados em estaleiro, de modo a que não possam misturar-se as fracções granulométricas distintas e espalhados por camadas de espessura não superior a 0,5 m a fim de se minimizar a segregação. A sua recolha deverá ser feita por desmonte frontal e, no caso dos agregados terem sido depositados sobre o terreno natural, não será permitida de modo algum a utilização dos 15 cm inferiores.

As plataformas de armazenamentos deverão ser previamente aprovados pela Fiscalização e ter uma pendente de forma a evitar acumulação de água.

A mistura do agregado com a emulsão será realizada em central apropriada devendo apresentar uma boa homogeneidade.

Dadas as implicações da operação de mistura no processo de rotura da emulsão, deve em princípio recorrer-se a centrais de tipo contínuo, dotadas de dispositivos que permitam dosificar independentemente os inertes, a água e a emulsão, com uma precisão compatível com as tolerâncias fixadas no artigo antecedente e, ainda, que proporcionarão um tempo de mistura suficiente mas não excessivo.

A central para mistura do agregado com a emulsão, deverá satisfazer ainda as seguintes condições:

- As tremonhas para dosificação dos agregados deverão ser dotadas de dispositivos individuais para ajustar o caudal de cada uma das fracções granulométricas;
- O sistema de alimentação de inertes ao misturador deve estar sincronizado com os mecanismos de dosificação da água e da emulsão;
- Deve possuir um sistema de regulação do tempo de mistura;
- O sistema de armazenamento e alimentação de ligante deverá possibilitar boas condições de circulação, caudais uniformes e uma boa dispersão sobre os agregados;
- Caso se incorporem aditivos na mistura, a central deverá possuir um sistema de dosificação adequado e independente.

Numa central de tipo contínuo, introduz-se sucessivamente no misturador os agregados, a água e a emulsão, com intervalos de tempo convenientes e pré-estabelecidos. Caso a central seja de tipo descontínuo juntar-se-ão sucessivamente, depois de introduzidos os agregados no misturador, a água e a emulsão, nas quantidades necessárias para cada amassadura. O tempo de mistura deverá ser determinado durante a realização do troço experimental referido no início do presente artigo.

Transporte

A mistura será transportada em viaturas basculantes de caixa aberta com fundo liso e perfeitamente limpo.

Caso as condições atmosféricas façam prever chuva, ou em presença de temperatura ambiente elevada, deverá recobrir-se o material transportado, com uma lona.

A única limitação imposta ao tempo de transporte é a de evitar uma segregação excessiva e, sobretudo, não poderá ocorrer a rotura total da emulsão senão durante o processo de compactação.

Espalhamento e compactação

Não deverá proceder-se à aplicação da base tratada com emulsão sempre que se corra risco de súbito aparecimento de geada ou quando a temperatura ambiente, à sombra, seja inferior a 2 °C. Porém, caso a temperatura ambiente tenha tendência para aumentar, o limite correspondente às emulsões aniónicas poderá ser alterado para 5 °C.

As operações de descarga e espalhamento executar-se-ão com as precauções necessárias para evitar segregações, bem como eventuais contaminações do agregado tratado.

Se a mistura, na sua chegada à obra, contiver um teor em líquidos superior ao determinado para a fórmula de trabalho, deverá ser arejado. Para tal prolonga-se a operação de espalhamento, não se iniciando a compactação da camada até que seja alcançado o citado teor.

O espalhamento do material será executado mecanicamente de modo que, após compactação, se obtenha a geometria fixada no projecto com as tolerâncias estipuladas neste Caderno de Encargos.

No caso de se utilizar motoniveladora no espalhamento do agregado tratado, aquela deverá ser provida de placas laterais para contenção do material e, ainda, trabalhar com a lâmina cheia e quase perpendicular ao eixo da via, tendo em vista minimizar a segregação.

Na compactação do agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa poderão ser utilizados cilindros de pneus, vibradores ou mistos, devendo conseguir-se um grau de compactação igual ou superior ao de referência.

Em princípio, os meios de compactação deverão ser suficientes para que se consiga expulsar a maior quantidade possível de água e obter um grau de compactação uniforme em toda a espessura da camada, conforme definido no trecho experimental. Caso não se consiga a consecução daqueles objectivos, deverá encarar-se o espalhamento e compactação por sub-camadas, em conformidade com o parecer da Fiscalização, que poderá optar, a todo o tempo, pelo reforço dos meios de compactação.

Quando se proceda ao espalhamento e compactação por sub-camadas, deverá assegurar-se sempre que a camada subjacente seja devidamente compactada e, ainda, que se conclua o processo de eliminação da água que constituía a fase contínua da emulsão.

Nos casos em que o agregado tratado seja utilizado para regularizar pavimentos muito deformados e com vista a eliminar as consequências dos assentamentos diferenciais no processo de densificação, deverá proceder-se a uma regularização adicional, por motoniveladora, após a primeira passagem do equipamento de compactação.

O processo de compactação deve em princípio ser contínuo ao longo da jornada de trabalho e será complementado com as operações manuais necessárias à correcção de eventuais irregularidades ou mesmo com recurso a maços metálicos, no caso de zonas inacessíveis aos compactadores mecânicos.

Para obtenção de uma boa regularidade superficial deverão manter-se bem limpos todos os elementos de compactação e, se tal se revelar necessário, húmidos.

Juntas de trabalho e tratamento superficial

As juntas de trabalho serão executadas por modo a que o respectivo bordo se apresente vertical.

Antes de se recommençar a aplicação do agregado tratado, o bordo da junta deverá ser levemente pintado com emulsão betuminosa catiónica de rotura rápida do tipo C60B2 (anteriormente ECR-1) que cumpra as características definidas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

É obrigatória a execução de juntas de trabalho transversais ou longitudinais sempre que hajam suspensões ou interrupções de trabalhos superiores a um dia.

Quando o agregado tratado se execute por sub-camadas, deverá haver a preocupação de desfazar as juntas de trabalho.

Sempre que seja necessário abrir ao tráfego troços em que não haja sido executada a camada de desgaste prevista no projecto deve proceder-se a um tratamento superficial, consistindo numa rega com uma emulsão betuminosa catiónica C70 B4 (anteriormente designada por ECR-3) que cumpra as características definidas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*, à taxa de betume residual de 300 a 500 g/m², recoberta de gravilha 2/4.

Tolerâncias no acabamento

A superfície executada não deverá apresentar irregularidades longitudinais ou transversais superiores a 2 cm, no caso da camada de base, e mais de 1,5 cm no caso da camada de regularização, quando verificada com uma régua de 3 m.

No caso de se comprovar uma geometria distinta da fixada no projecto, com as tolerâncias indicadas, não será permitida a construção de camadas delgadas, a fim de se proceder às necessárias correcções. Em princípio, e no caso de uma falta de material, a compensação deverá ser feita à custa de um acréscimo na espessura da camada seguinte. Em qualquer caso, caberá à Fiscalização determinar o modo de resolver a situação. Excessos pontuais de espessura poderão determinar remoções localizadas.

3.6.3.5. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub-capítulo 3.23. *Controlo da qualidade*.

Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos nos ensaios acima referidos, devem obedecer ao estipulado no capítulo 3.6.1. e 3.6.2. relativamente à granulometria. As tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho são as definidas em 3.6.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* nas tolerâncias de fabrico.

Após a aplicação

- Espessura das camadas

O controlo e eventual correcção da espessura das camadas serão feitos de acordo com o definido em 3.6.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* no referente ao espalhamento e compactação.

- Grau de compactação e índice de vazios

Os valores relativos ao grau de compactação ou índice de vazios deverão obedecer ao definido em 3.6.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* no referente ao espalhamento e compactação, em pelo menos 95% dos valores medidos.

- Regularidade

Os valores relativos à regularidade da superfície da camada depois de compactada, devem obedecer ao definido em 3.6.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* no referente as tolerâncias no acabamento.

3.7. MISTURA BETUMINOSA ABERTA A FRIO PARA CAMADAS DE BASE E DE REGULARIZAÇÃO

3.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE BASE

3.7.1.1. Ligante

O ligante deverá ser uma emulsão betuminosa catiónica C60B5 (anteriormente designada por ECM-2) que obedeça às características mencionadas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

3.7.1.2. Agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico da mistura betuminosa a frio deverá, ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6, respeitará obrigatoriamente, para cada caso, os fusos a seguir indicados:

Misturas a utilizar em trabalhos de conservação corrente, nomeadamente tapagem de covas e em camadas com espessura inferior a 4 cm:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
12,5 mm (1/2")	100
9,5 mm (3/8")	70 - 90
4,75 mm (nº 4)	15 - 40
2,36 mm (nº 8)	0 - 5
0,075 mm (nº 200)	0 - 2

Misturas a utilizar em camadas com espessura entre 4 e 6 cm:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
19,0 mm (3/4")	100
12,5 mm (1/2")	60 - 80
9,5 mm (3/8")	45 - 65
4,75 mm (nº 4)	10 - 35
2,36 mm (nº 8)	0 - 5
0,075 mm (nº 200)	0 - 2

Misturas a utilizar em camadas com espessura superior a 6 cm:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
25,0 mm (1")	100
19,0 mm (3/4")	70 - 90
12,5 mm (1/2")	50 - 70
9,5 mm (3/8")	35 - 55
4,75 mm (nº 4)	5 - 30
2,36 mm (nº 8)	0 - 5
0,075 mm (nº 200)	0 - 2

- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima 35%
- Equivalente de areia, mínimo 40% a)
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima 3%

a) Admitem-se equivalentes de areia até 35%, desde que o valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm) seja inferior a 1,0 e a Fiscalização avalize o procedimento.

3.7.1.3. Características da mistura

A mistura, após aplicação, deverá ter uma baridade seca igual ou superior a um valor mínimo de referência, conforme descrito nos processos construtivos.

A percentagem em betume residual nunca deverá ser inferior a 3,5%. No entanto, deverá ser efectuado o seu cálculo através das fórmulas correntes da superfície específica que se apresentam de seguida.

$$P_b = K\alpha^5 \sqrt{\Sigma}$$

Sendo:

P_b – percentagem de betume residual;

K – o módulo de riqueza em betume. Para misturas betuminosas a frio com características de base deverá ser adoptado um valor compreendido entre 3 e 3,5 e para camadas de regularização um valor entre 3,3 e 3,8;

$$\alpha = \frac{2,65}{\rho_a}$$

Sendo ρ_a , em g/cm³, a massa volúmica da mistura de agregados;

$$\Sigma = \frac{1}{100} (0,25G + 2,3S + 12s + 135f)$$

Sendo:

Σ - Superfície específica;

G -proporção ponderal de elementos superiores a 6,3 mm;

S -Proporção ponderal de elementos compreendidos entre 6,3 e 0,315 mm;

s -Proporção ponderal de elementos compreendidos entre 0,315 e 0,075 mm;

f - Proporção ponderal de elementos inferiores a 0,075 mm.

O ensaio Cantabro poderá ser utilizado para a formulação em laboratório da mistura betuminosa.

3.7.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO

Para os materiais utilizados para camadas de regularização serão cumpridas as especificações mencionadas em 3.7.1. *Características dos materiais para camadas de base.*

3.7.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.7.3.1. Estudo da composição e da fórmula de trabalho

Granulometria da mistura

A solução apresentada pelo Adjudicatário para a mistura de agregados deve situar-se dentro de um dos fusos granulométricos definidos nas características dos materiais.

Apresentação do estudo

O estudo a apresentar pelo Adjudicatário para definição da fórmula de trabalho incluirá, obrigatoriamente, os seguintes passos e correspondentes boletins de ensaio:

- Determinação da perda por desgaste, na máquina de Los Angeles, das gravilhas componentes, para a granulometria B;
- Determinação da massa volúmica de cada uma das fracções granulométricas componentes;
- Idem, para a mistura das fracções granulométricas;
- Definição da baridade mínima a obter em obra.

Em princípio, a percentagem de emulsão deverá ser a máxima que a mistura suporte sem escorrência (normalmente entre 7% e 9% em peso), com um mínimo absoluto calculado mediante aplicação da fórmula corrente da superfície específica e adoptando-se o módulo de riqueza de 4,0 em betume residual. Caso não se consiga exceder esse limite inferior deverá reformular-se a emulsão, ou optar por recurso a inertes alternativos.

3.7.3.2. Trechos experimentais

É indispensável, para ajustamento da fórmula de trabalho e processo construtivo, a realização de um trecho experimental.

Assim, deve o Adjudicatário executar, tão cedo quanto lhe for possível, um trecho experimental com cerca de 50 m de comprimento por 2,5 m de largura mínima, recorrendo ao equipamento que se proponha utilizar continuamente em obra. Deverão ser ensaiadas as fórmulas e as amostras necessárias para determinar a conformidade do material aplicado com as condições especificadas neste Caderno de Encargos quanto a granulometria, percentagem de ligante, percentagem de líquidos, grau de compactação, características mecânicas e demais requisitos exigíveis.

Caso os ensaios efectuados revelem que o material aplicado não se enquadra nas condições especificadas, deverão ser de imediato introduzidas as correcções julgadas necessárias que poderão significar mesmo uma alteração à fórmula de trabalho. Uma vez efectuadas as correcções, deverá repetir-se o troço experimental. O processo será iterativo, repetindo-se tantas vezes quantas as que se revelarem necessárias.

3.7.3.3. Preparação da superfície a recobrir

Condições da superfície existente

A mistura betuminosa aberta a frio não será aplicada sem que se verifique que a camada subjacente tem o grau de compactação e a regularidade especificadas neste Caderno de Encargos, ou sem que haja terminado a cura da impregnação betuminosa ou a rotura da rega de colagem nos casos em que estejam previstas.

No caso de reforço de pavimentos existentes não deverão apresentar irregularidades passíveis de fazer variar a espessura da camada em ± 1 cm em termos médios ou em ± 2 cm em áreas restritas. Nestes casos, dever-se-á executar uma camada de pré-regularização, garantindo o tempo de cura necessário antes de aplicar a camada sobrejacente.

Limpeza

A superfície a recobrir deve apresentar-se isenta de sujidades, detritos e poeiras. A última operação de limpeza, a realizar imediatamente antes da rega de colagem ou de impregnação, consistirá, por exemplo, na utilização de jactos de ar comprimido para remover elementos finos eventualmente retidos naquela superfície.

Rega de colagem ou de impregnação

O tipo e a taxa de aplicação da rega de colagem ou de impregnação deverão ser as definidas no projecto. Porém, a taxa poderá ser ajustada em conformidade com as particularidades de cada caso e com o critério da Fiscalização, sob condição de não exceder respectivamente 0,3 e 0,6 kg/m² de betume residual. Qualquer adição de água à emulsão, só será efectuada com a prévia autorização da Fiscalização.

Quando a mistura betuminosa aberta for aplicada sobre uma camada granular será efectuada a respectiva impregnação de acordo com o indicado em 3.1.9.3. *Emulsões Betuminosas catiónicas*.

3.7.3.4. Fabrico, transporte e aplicação da mistura

Tolerâncias de fabrico

As tolerâncias admitidas em relação às fórmulas de trabalho aprovadas são as seguintes:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200) ± 2%
- % de material que passa no peneiro ASTM de 2,36 mm (nº 8) ± 4%
- % de material que passa no peneiro ASTM de 4,75 mm (nº 4) ou de malha mais larga ± 5%
- % de betume residual ± 0,5%

Fabrico

Antes do início do processo de fabrico de todas as misturas betuminosas é obrigatório o armazenamento em estaleiro, por fracções granulométricas, dos agregados necessários à produção de 15 dias de trabalho.

Os agregados deverão ser arrumados em estaleiro, de modo a que não possam misturar-se as fracções granulométricas distintas e espalhados por camadas de espessura não superior a 0,5 m a fim de se minimizar a segregação. A sua recolha deverá ser feita por desmonte frontal e, no caso dos agregados terem sido depositados sobre o terreno natural, não será permitida de modo algum a utilização dos 15 cm inferiores.

As camas dos stocks deverão ser previamente aprovadas pela Fiscalização e ter uma pendente de forma a evitar acumulação de água.

A mistura aberta a frio será realizada em central apropriada em que a emulsão é pulverizada, por bicos difusores, sobre o agregado no misturador.

Deve em princípio recorrer-se a centrais de tipo contínuo, dotadas de dispositivos que permitam dosificar independentemente os agregados e a emulsão.

A central para mistura do agregado com emulsão, deverá satisfazer ainda as seguintes condições:

- As tremonhas para dosificação dos agregados deverão ser dotadas de dispositivos individuais para ajustar o caudal de cada uma das fracções granulométricas utilizadas;
- O sistema de alimentação de agregados ao misturador deve estar sincronizado com os mecanismos de dosificação da emulsão;
- Deve possuir um sistema para regulação do tempo de mistura;
- O sistema de armazenamento e alimentação de ligante deverá possibilitar boas condições de circulação, caudais uniformes e uma dispersão sobre os agregados;
- Caso se incorporem aditivos na mistura, a central deverá possuir um sistema de dosificação adequado e independente.

A emulsão deve romper logo após a saída do misturador, com os agregados apresentando, pelo menos, 80% de recobrimento, não se verificando escorrência significativa do ligante.

Armazenamento e transporte da mistura

Normalmente a mistura acumula-se por gravidade num fosso sob a misturadora, sendo removida, por exemplo, com uma pá carregadora directamente para viaturas de transporte, ou para pilhas de armazenamento.

As pilhas de armazenamento devem ser constituídas em áreas cujas bases de fundação deverão ser preparadas de forma adequada e isoladas do terreno natural, muito especialmente quando em presença de solos finos.

A mistura será transportada em viaturas basculantes de caixa aberta com fundo liso e perfeitamente limpo.

Espalhamento, compactação e recobrimento

Não deverá proceder-se à aplicação de mistura quando a temperatura ambiente, à sombra, baixe dos 5 °C.

As operações de descarga e espalhamento executar-se-ão com as precauções necessárias para evitar segregação e eventuais contaminações.

O espalhamento do material será executado mecânicamente de modo a que, após compactação, se obtenha a geometria fixada no projecto com as tolerâncias estipuladas neste Caderno de Encargos.

Em obras de pequena dimensão ou em áreas pouco acessíveis o espalhamento poderá ser manual, sem prejuízo da consecução da regularidade estipulada para a camada.

Na compactação serão utilizados cilindros de rasto liso com peso estático da ordem de 8 a 10 toneladas.

O processo de compactação pode ser descontínuo ao longo da jornada de trabalho e só deve ser iniciado depois de se concluir a rotura da emulsão. Em alguns casos é ainda necessário aguardar pela volatilização parcial dos fluidificantes, podendo assim ter de se fasear as operações de espalhamento e compactação. Em obras de reabilitação de pavimentos haverá que se tomar as medidas necessárias de modo a minimizar aquele desfasamento, que pode chegar a períodos da ordem das 24 horas.

Para a obtenção de uma boa regularidade superficial deverão manter-se bem limpos todos os rolos de compactação e, se tal se revelar necessário, húmidos.

Finda a actuação dos cilindros de rasto liso e antes da abertura ao tráfego, é obrigatório proceder ao espalhamento uniforme de uma gravilha 2/4 à taxa aproximada de 3 a 4 l/m², com vista a evitar a aderência aos pneus dos veículos. Deve evitar-se a todo o custo a deposição de gravilha em excesso, pois iria prejudicar ou mesmo inviabilizar o processo de cura das misturas ao impedir a volatilização dos fluidificantes.

Depois de espalhado o agregado de recobrimento, deve actuar um cilindro de pneus (com carga/pneu superior a 1,5 toneladas).

Juntas de trabalho

As juntas de trabalho serão executadas de modo a que o respectivo bordo se apresente vertical.

Antes de se recommençar a aplicação, o bordo da junta deverá ser levemente pintado com uma emulsão betuminosa catiónica C60 B2 (anteriormente designada por ECR-1) que cumpra as características definidas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

É obrigatória a execução de juntas de trabalho transversais ou longitudinais sempre que hajam suspensões ou interrupções de trabalhos superiores a um dia.

Quando da sobreposição de camadas, deverá haver a preocupação de desfazar as juntas de trabalho.

Tolerâncias no acabamento

A superfície executada não deverá apresentar irregularidades longitudinais ou transversais superiores a 2 cm, no caso da camada de base, e mais de 1,5 cm no caso da camada de regularização, quando verificada com uma régua de 3 m.

No caso de se comprovar uma geometria distinta da fixada no projecto, com as tolerâncias indicadas, não será permitida a construção de camadas delgadas, a fim de se proceder às necessárias correcções. Em princípio, e no caso de falta de material, a compensação deverá ser feita à custa de um acréscimo na espessura da camada seguinte. Em qualquer caso, caberá à Fiscalização determinar o modo de resolver a situação. Excessos pontuais de espessura poderão determinar remoções localizadas.

3.7.3.5. Abertura ao tráfego e cura

Dado que nos primeiros dias a seguir à execução da camada com mistura aberta a frio a sua fragilidade relativamente às acções sofridas é elevada, impõe-se limitação de velocidade durante o mínimo de uma semana. O limite a estabelecer depende da geometria do traçado e das características da própria camada não devendo, porém, ser superior a 50 km/h.

3.7.3.6. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no subcapítulo 3.23. *Controlo da qualidade*.

Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos nos ensaios acima referidos, devem obedecer ao estipulado em 3.7.1 e 3.7.2. Relativamente à granulometria, as tolerâncias admitidas em relação à fórmula de trabalho são as definidas em 3.7.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* para as tolerâncias de fabrico.

Após a aplicação

- Espessura das camadas

O controlo e eventual correcção da espessura das camadas serão feitos de acordo com o definido em 3.7.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* no referente ao espalhamento, compactação e recobrimento.

- Grau de compactação e índice de vazios

Os valores relativos ao grau de compactação ou índice de vazios deverão obedecer ao definido em 3.7.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* no referente ao espalhamento, compactação e recobrimento, em pelo menos 95% dos valores medidos.

- Regularidade

Os valores relativos à regularidade da superfície da camada depois de compactada, devem obedecer ao definido 3.7.3.4. *Fabrico, transporte e aplicação da mistura* no referente as tolerâncias de acabamento.

3.8. DISPOSIÇÕES GERAIS PARA O ESTUDO, FABRICO, TRANSPORTE E APLICAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS A QUENTE

Este sub-capítulo refere-se à execução de camadas de base, regularização e desgaste com misturas betuminosas a quente.

3.8.1. ESTUDO DA COMPOSIÇÃO

3.8.1.1. Apresentação do estudo

O Adjudicatário deverá submeter previamente à aprovação da Fiscalização o estudo de composição da mistura betuminosa em função dos materiais disponíveis. Não poderão ser executados quaisquer trabalhos de aplicação em obra sem que tal aprovação tenha sido, de facto, ou tacitamente dada.

O estudo a apresentar pelo Adjudicatário, relativamente à composição das misturas betuminosas a quente a aplicar em obra incluirá, obrigatoriamente, os boletins relativos aos seguintes ensaios, a realizar sob sua responsabilidade:

- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, para as granulometrias A e B, relativamente aos agregados (devem apresentar-se ensaios por cada fonte de abastecimento);
- Ensaio de adesividade para cada material componente, com excepção do filler;

- Caracterização do betume a empregar na mistura, incluindo a determinação do valor da viscosidade e as temperaturas para as quais aquele valor varia entre 170 ± 20 cSt (gama de temperatura de fabrico das misturas) e entre 280 ± 30 cSt (gama de temperatura de compactação);
- Composição granulométrica de cada um dos materiais propostos.
- Determinação dos pesos específicos e absorção de água relativos a cada um dos agregados;
- Determinação das massas volúmicas de filler e betume;
- Por aplicação do método Marshall procura-se a determinação da curva granulométrica da mistura de agregados, preparação dos provetes, determinação de baridades da mistura compactada, cálculo das baridades máximas teóricas (através do picnómetro de vácuo), da porosidade e do valor VMA, determinação da força de rotura e deformação dos provetes, e ainda traçado do conjunto de curvas características para selecção da percentagem óptima de betume. Exceptuam-se os macadames betuminosos (Fuso B).

A Fiscalização poderá exigir, em aditamento:

- Determinação dos índices de alongamento e de lamelação;
- Ensaio de polimento acelerado das gravilhas das misturas para as camadas de desgaste.

A Fiscalização poderá ainda exigir a realização de outros ensaios de caracterização mecânica (módulos de deformabilidade, resistência à fadiga, etc.) das misturas em laboratório reconhecido.

3.8.1.2. Critérios gerais a seguir no estudo

Os valores da baridade dos provetes preparados pelo método Marshall a tomar para efeitos de definição das curvas características da mistura referentes à porosidade e ao VMA, não devem ser os determinados experimentalmente mas sim os valores corrigidos, lidos sobre uma curva regular que se ajuste aos resultados laboratoriais.

Só será permitida a utilização de agregados que respeitem os valores de absorção de água.

No estudo pelo método Marshall deverão ser utilizados, no mínimo, cinco (5) percentagens de betume, escalonadas de 0,5%, e três (3) provetes para cada uma dessas percentagens.

Por uma questão de uniformidade de critérios e facilidade de leitura, é obrigatório exprimir todo o estudo em termos de percentagem de betume (e não de teor). A não satisfação desta condição poderá levar a Fiscalização a devolver o estudo apresentado ao Adjudicatário para a sua rectificação.

3.8.2. TRANSPOSIÇÃO DO ESTUDO LABORATORIAL PARA A CENTRAL DE FABRICO DE MISTURAS BETUMINOSAS

A aplicação em obra da mistura betuminosa será condicionada, não só à aprovação do estudo de composição, mas também a uma ratificação da Fiscalização às condições de transposição daquele estudo para a central de fabrico. Isto implica, nomeadamente, a concordância com o sistema de crivos adoptado, cabendo ao Adjudicatário apresentar os ensaios comprovativos da precisão com que tal transposição foi realizada.

Nesses ensaios, é obrigatória a inclusão de:

- Granulometria das fracções crivadas, recolhidas nos silos quentes e da correspondente mistura de agregados, recolhida à saída do misturador, quando se trate de uma central de produção descontínua;
- Conjunto de pesagens efectuadas para a calibração das tremonhas doseadoras dos agregados, quando se trate de uma central de produção contínua.

Uma vez aprovada determinada transposição para a central betuminosa a mesma não poderá, em circunstância alguma, ser alterada sem o conhecimento da Fiscalização, à apreciação da qual deverá ser submetida a proposta de alteração, devidamente justificada com base num conjunto significativo de ensaios de controlo laboratorial.

Com vista a viabilizar qualquer alteração às condições de transposição, deverá o Adjudicatário, no âmbito do controlo laboratorial determinado pelo controlo da qualidade, elaborar mapas com os valores médios acumulados, semanalmente e desde a última alteração introduzida na central. Isto deve ser feito em relação a todos os ensaios efectuados e independentemente do preenchimento diário dos boletins de ensaio correspondentes.

Em circunstância alguma se poderá alterar a transposição em vigor unicamente com base nos resultados dos ensaios efectuados numa única jornada de trabalho.

3.8.3. EXECUÇÃO DE TRECHOS EXPERIMENTAIS

Uma vez estudada a composição da mistura, e afinada a operação da central de fabrico, deverá realizar-se, na presença da Fiscalização, um trecho experimental, para cada mistura, a fim de:

- Verificar o cumprimento das características da mistura betuminosa aprovada;
- Verificar as condições reais de transporte e de espalhamento das misturas betuminosas no local de aplicação, e verificar a temperatura e a trabalhabilidade da mistura;
- Definir o esquema de compactação (o tipo de equipamento; a ordem da sua intervenção; o número de passagens) e as temperaturas limites da mistura para se realizar a compactação;
- Verificar a eficiência da compactação e a porosidade das misturas depois de aplicadas, através da determinação das baridades de carotes colhidas na camada do trecho experimental;
- Verificar a regularidade do acabamento, através da régua de 3 metros.
- A execução do trecho experimental deverá, ainda, ter em consideração, os seguintes aspectos:
- A quantidade de mistura a aplicar, deverá ser a suficiente para construir um trecho com pelo menos 100 m de comprimento;
- A espessura da camada deverá ser a do projecto, sendo o material colocado sobre uma estrutura de pavimento de comportamento idêntico ao do trecho do pavimento real;
- O equipamento a utilizar no espalhamento e compactação do material do trecho experimental deverá ser o mesmo que se prevê utilizar na construção do pavimento real.

Deste modo, antes da execução do trecho experimental, o Adjudicatário deverá submeter à apreciação da Fiscalização, o plano de execução do referido trecho, contemplando todos os aspectos anteriormente focados.

A partir dos resultados obtidos e no caso de aprovação pela Fiscalização, do trecho experimental, serão fixadas para cada uma das composições testadas - denominadas fórmulas de trabalho - as temperaturas de fabrico, espalhamento e compactação das misturas betuminosas, bem como o tipo de equipamento e ordem de intervenção a utilizar na pavimentação da obra.

No caso do trecho experimental se revelar insatisfatório deverão ser feitas as necessárias correcções na composição da mistura, na operação de fabrico da central betuminosa e/ou aos procedimentos de transporte, espalhamento e compactação.

Após as correcções feitas será realizado novo trecho experimental.

Quando o material colocado no trecho experimental não satisfazer as exigências especificadas para o troço em que foi realizado, deverá ser removido e substituído a expensas do Adjudicatário.

A produção das misturas a colocar no pavimento real só será iniciada após aprovação pela Fiscalização, do trecho experimental.

3.8.4. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE SUBJACENTE

3.8.4.1. Condições da superfície existente

As misturas betuminosas não serão aplicadas sem que se verifique que a camada subjacente tem o grau de compactação e a regularidade especificadas neste Caderno de Encargos, ou sem que haja terminado a cura da impregnação betuminosa quando aplicadas sobre bases de granulometria extensa estabilizadas mecanicamente ou da rega de colagem quando se trate da ligação entre camadas betuminosas.

3.8.4.2. Limpeza

A superfície a recobrir deve apresentar-se isenta de sujidades, detritos e poeiras, que devem ser retirados para local onde não seja possível voltarem a depositar-se sobre ela. A última operação de limpeza, a realizar imediatamente antes da rega de colagem, consistirá na utilização de jactos de ar comprimido para remover elementos finos eventualmente retidos naquela superfície.

3.8.4.3. Rega de colagem

A rega de colagem deverá ser realizada nas condições expressas no projecto e neste Caderno de Encargos. Porém, a taxa de rega poderá ser ajustada em conformidade com as particularidades de cada caso e com o critério da Fiscalização sob condição de não se exceder cerca de 0,5 kg/m². Em circunstância alguma se poderá proceder à rega de colagem com uma emulsão diluída, pelo que a boa dispersão do ligante dependerá somente do equipamento que deverá ser constituído por uma cisterna com barra distribuidora e sistema de controlo semi-automático.

3.8.5. FABRICO, TRANSPORTE E ESPALHAMENTO DAS MISTURAS BETUMINOSAS

3.8.5.1. Centrais betuminosas

O fabrico de misturas betuminosas a quente será assegurado por centrais de produção do tipo descontínuo ou contínuo (de tambor secador-misturador com os fluxos paralelos ou contra-corrente, com ou sem misturador integrado no tambor).

Os ciclos de fabrico de misturas betuminosas dos dois tipos de centrais anteriormente descritos compreendem essencialmente operações enunciadas de seguida.

Centrais descontínuas:

- Doseamento volumétrico e/ou ponderal dos agregados nas tremonhas doseadoras de agregados frios;
- Secagem e aquecimento dos agregados no tambor-secador;
- Reclassificação dos agregados na célula de crivagem;
- Armazenamento intermédio dos agregados quentes;
- Doseamento ponderal por amassadura dos agregados quentes, ligante, filer e aditivos;
- Mistura por amassadura individualizada dos diversos componentes no misturador;
- Descarga da mistura betuminosa.

Centrais contínuas:

- Doseamento volumétrico e/ou ponderal dos agregados nas tremonhas doseadoras de agregados frios;
- Rejeição dos agregados sobredimensionados;
- Pesagem contínua do conjunto dos agregados frios;
- Secagem e aquecimento no tambor-secador dos agregados e filer comercial;
- Injecção de ligante e aditivos no mesmo tambor ou em tambor separado e mistura dos diversos componentes;
- Descarga da mistura betuminosa.

A precisão e tolerâncias de dosagem dos diferentes componentes das centrais betuminosas serão as descritas em M. *Precisão e tolerâncias de dosagem das centrais betuminosas*

As centrais betuminosas a quente deverão ser constituídas, pelo menos, pelos componentes enunciados de seguida.

A. Tremonhas doseadoras

A.1. Centrais descontínuas:

Terá que existir uma tremonha por cada fracção granulométrica constituinte da mistura com a respectiva identificação, a qual terá um extractor de correia, de velocidade variável. A interligação não deverá permitir a mistura de granulometrias, havendo entre elas anteparas com 0,5 m de altura.

O balde da pá carregadora deverá ter uma dimensão que impossibilite a alimentação simultânea de duas tremonhas.

Cada uma deverá estar protegida na parte superior por uma grelha de malha suficiente para evitar a entrada de materiais indesejáveis e prevenir acidentes com o pessoal.

Existirá em cada tremonha um dispositivo que permita detectar a falta de material.

Nas tremonhas com fracções menores ou iguais a 0/6 mm existirão vibradores ou canhões pneumáticos para facilitar o escoamento.

A.2. Centrais contínuas:

Deverão possuir características idênticas às das centrais descontínuas.

A.3. Reciclagem:

De características idênticas às anteriores concebidas de forma a facilitar o escoamento dos materiais, aconselhando-se neste caso o controlo ponderal.

B. Tapete de alimentação do tambor secador

O tapete será devidamente protegido contra as intempéries (chuva ou vento).

B.1. Centrais descontínuas:

O doseamento dos agregados será feito volumetricamente através de extractores individuais.

Quando for utilizado um sistema de “by-pass” na célula de crivagem deverá haver uma grelha de rejeitados com malha quadrada de 0,05 m à saída do tapete alimentador.

B.2. Centrais contínuas:

O doseamento dos agregados e filer serão feitos, volumétrica e ponderalmente, através de extractores individuais.

O tapete de alimentação deverá integrar uma mesa de pesagem auto-tarável, que estará em conjugação com a bomba de betume.

O teor em água dos agregados será corrigido, tendo em conta o teor em água médio, o qual deverá ser medido periodicamente através de sistema adequado.

O tapete disporá de uma grelha vibratória de rejeitados com malha quadrada de 0,05 m.

C. Secagem e aquecimento dos agregados

As centrais disporão de um tambor secador e/ou misturador.

Terão meios mecânicos apropriados para introduzir os agregados de uma maneira uniforme a fim de obter uma produção a temperatura constante. O secador deverá permitir baixar o teor em água dos agregados a um valor máximo de 0,5%, assegurando o aquecimento dos agregados a uma temperatura compatível com o tipo de mistura a fabricar.

A temperatura dos agregados à saída do tambor será medida por aparelho adequado, de modo a que a respectiva precisão seja a definida no item M.

No caso particular das centrais contínuas de tambor secador-misturador, a temperatura medida à saída do tambor será a temperatura das misturas betuminosas e com a precisão definida no item M. *Precisão e tolerâncias de dosagem das centrais betuminosas.*

D. Sistema de despoeiramento

A central será equipada com sistema de despoeiramento que garanta um nível de emissão inferior ao limite máximo estipulado na legislação em vigor, aconselhando-se a utilização de um sistema por via seca.

E. Selecção e armazenamento dos agregados quentes

E.1. Centrais descontínuas

As malhas das redes que constituem a célula de crivagem e os silos de armazenagem dos agregados quentes, obrigatoriamente existentes, deverão ser compatíveis não só com as fracções granulométricas dos agregados frios definidas em 3.1.6.2., como ainda assegurar uma produção regular da mistura.

Após selecção, os agregados quentes são armazenados em silos intermédios. Estes silos para além de regularizarem a alimentação, mantêm a temperatura dos agregados. Deverão dispor de aberturas para colheita de amostras.

As centrais deverão dispor de um sistema de alarme (luminoso e/ou acústico) que funcionará sempre que o nível dos agregados seja igual ou inferior a 1/3 da capacidade de cada um dos silos quentes.

Estarão equipadas com balança para pesar as diferentes fracções e assegurar uma pesagem sequencial e cumulativa. As pesagens deverão ser efectuadas por ciclo automático.

E.2. Centrais contínuas

Neste tipo de centrais não existe célula de crivagem nem silos intermédios de armazenagem de agregados quentes.

E.3. Aquecimento dos materiais a reciclar

O aquecimento dos materiais a reciclar depende do tipo de central e método usado e deverá evitar a degradação do ligante.

Nas centrais descontínuas a introdução do material a reciclar é feita em tambor secador separado ou directamente no misturador, sendo o aquecimento e a desidratação dos agregados feita através do contacto com os novos agregados sobreaquecidos.

Poderão ser introduzidos na base do elevador de agregados quando a taxa de material a reciclar for inferior a 20%.

Nas centrais contínuas é feita através de anel situado na zona central do tambor onde estarão protegidos da chama do queimador. O aquecimento é feito pelos gases de combustão e/ou por transferência de calor dos agregados a incorporar no material a reciclar.

F. Armazenamento e dosagem do filer

F.1. Centrais descontínuas:

O filer comercial e o filer recuperado serão armazenados em silos independentes com a capacidade suficiente para um dia de funcionamento.

Ambos deverão dispor de detectores de nível (mínimo no filer comercial e mínimo e máximo no filer recuperado), dispositivos de extracção apropriados e dosagem ponderal.

O silo de filer recuperado deverá dispor, ainda, de um sistema de descarga apropriado em caso de sobreenchimento.

F.2. Centrais contínuas:

O filer comercial será armazenado em silo independente com a capacidade suficiente para um dia de funcionamento, dispondo de um detector de nível mínimo, dispositivo de extracção apropriado e dosagem ponderal.

O filer recuperado será introduzido directamente na zona do misturador, devendo dispor de um sistema que permita o rejeito de parte ou da totalidade do filer recuperado, devendo este ser conduzido a um depósito adequado, nesta última situação.

G. Armazenamento e dosagem do ligante

G.1. Armazenamento

As cisternas para o armazenamento do ligante betuminoso deverão ter isolamento térmico apropriado e uma capacidade que permita assegurar de forma contínua um dia de funcionamento.

Disporão um sistema de aquecimento que não provoque a queima do ligante betuminoso.

Quando numa mesma obra forem utilizados mais do que um tipo de ligante betuminoso, cada um disporá de cisterna própria, devidamente identificada para evitar misturas prejudiciais.

No caso do ligante ser um betume modificado a cisterna terá de estar equipada com um sistema de agitação adequado que garanta a homogeneidade.

O aquecimento e circulação será efectuado por tubagens isoladas e válvulas de controle e segurança.

O fluxo do ligante betuminoso será assegurado por dispositivo próprio com o respectivo medidor de caudais.

O operador deverá ter a possibilidade de verificar na cabine de controlo a temperatura do ligante antes deste dar entrada no misturador.

G.2 Dosagem

Nas centrais descontínuas a dosagem é volumétrica ou ponderal. A dosagem ponderal necessita de uma balança para o ligante associada a um recipiente cuja capacidade deverá atingir pelo menos, 10% da massa total da amassadura máxima.

Nas centrais contínuas a dosagem é efectuada por bomba de velocidade variável com controle de débito por caudalímetro com contador devidamente calibrado por organismo acreditado ou outro aceite pela Fiscalização. A dosagem do ligante variará em conformidade com o débito dos agregados secos e quentes. A dosagem volumétrica é admitida desde que possuam o medidor de caudal mássico ou calculador de massa em função da densidade do betume, a bomba de ligante funcione em contínuo e exista um dispositivo automático que envie o ligante para a injeção ou para o circuito de retorno. Isto é, capaz de ler o caudal em função da massa, tendo em conta a temperatura e respectiva viscosidade do ligante betuminoso. O ligante é introduzido no tambor secador misturador numa zona adequada, de modo a evitar o seu envelhecimento precoce.

H. Misturador

H.1. Centrais descontínuas:

Neste tipo de centrais existe um misturador com dois eixos horizontais, paralelos, de pás que serão em quantidade suficiente de forma a assegurar uma mistura homogénea.

Será completamente fechado para evitar a perda de elementos finos. Será aquecido para não haver perdas de temperatura.

Terá um sistema que permita regular a duração do tempo de amassadura, por forma a assegurar uma mistura adequada, e impedir a abertura do misturador sem que se tenha completado o tempo programado.

A introdução do ligante faz-se através de pulverizadores no sentido longitudinal dos veios do misturador.

Terá um contador automático de amassaduras.

A descarga directa para camião deverá efectuar-se de uma altura inferior a 3 metros para evitar segregação, sendo desejável o recurso a um silo de armazenagem de produto acabado.

H.2. Centrais contínuas:

A mistura é efectuada na zona do misturador, onde é injectado o ligante betuminoso, filer e aditivos. Outras há que possuem um tambor misturador independente onde são lançados os agregados, betume, aditivos, etc.

I. Armazenamento de misturas betuminosas

O armazenamento das misturas betuminosas será efectuado de forma a limitar o mais possível a segregação. O armazenamento será efectuado em silos com isolamento térmico.

Os silos, cuja capacidade seja superior a 100 toneladas, deverão dispor de um isolamento térmico adequado e deverão ter o cone e as bocas de descarga aquecidos. Nestes silos é desejável que seja impedida a circulação de ar. No sistema de transporte contínuo deverá existir um dispositivo anti-segregação.

J. Automatismo das centrais

Todas as centrais do nível 2 deverão ser equipadas com um sistema automático que permita controlar o processo de fabrico, que force a paragem da central por problemas de segurança e que permita o acerto da falha de qualquer função de dosagem, num período de 3 minutos, a partir do qual haverá paragem da central. Em ambos os casos deverá ser registado uma mensagem de erro.

As centrais estarão dotadas de um sistema que memorize as fórmulas a produzir. Terão um sistema de aquisição de dados de fabrico ou possibilitar a ligação a um sistema exterior que execute as mesmas funções. Os dados armazenados permitem apreciar a qualidade média do produto fabricado.

Os elementos mínimos de produção a reter serão:

J.1. Centrais descontínuas:

- Composição granulométrica da mistura betuminosa a produzir;
- Pesagem dos agregados e filer comercial;
- Débito ou pesagem do ligante betuminoso;
- Temperaturas do ligante betuminoso e mistura betuminosa;
- Pesagem da amassadura.

J.2. Centrais contínuas:

- Composição granulométrica da mistura betuminosa a produzir;
- Velocidade dos doseadores volumétricos e ponderais;
- Débito do ligante betuminoso (por computador);
- Teor em água dos agregados;
- Informação do débito do tapete balança;
- Temperatura do ligante betuminoso e da mistura betuminosa;
- Débito da produção da central.

L. Regulação e inspecções periódicas

Deverá ser garantida a fiabilidade do conjunto e especialmente dos dispositivos de controlo, regulação e alarme, através de inspecções periódicas realizadas por técnicos habilitados para o efeito.

Nas centrais fixas efectuar-se-á às 1 000 horas de funcionamento ou no mínimo uma vez por ano.

Nas centrais móveis efectuar-se-á às 1 000 horas de funcionamento e sempre que a central seja mudada.

Dever-se-á proceder:

- Calibragem dos equipamentos de dosagem de agregados, betume, finos, reciclados, e quaisquer outros que entrem na formulação;
- Verificação dos equipamentos de pesagem estática e dinâmica, contagem volumétrica, conjugação e regulação, medida de temperatura e registo de dados.
- Ensaios de sistema de sinalização e de alarme ópticos ou acústicos;
- Testes de produção e amassadura.

A inspecção periódica deverá precisar:

- A data de intervenção;
- O local;
- O número de horas de funcionamento;
- O estado do equipamento;
- A natureza de intervenção, quando efectuada;
- As regulações efectuadas;
- Os resultados do controle.

Após cada teste de produção sobre:

- As condições de serviço;
- Data do teste;
- Local;
- O número de horas de funcionamento;
- Características de formulação;
- Condições atmosféricas;
- Natureza e teor em água dos agregados;
- Tipo de ligante e aditivos;
- Os parâmetros de funcionamento;
- Cadências de produção;
- Tempo de mistura a seco e com ligante;
- Temperaturas de aquecimento do ligante;
- Temperatura de aquecimento dos agregados.

A instalação e/ou utilização de qualquer central, exige sempre, a entrega prévia à Fiscalização dos documentos comprovativos da execução das inspecções periódicas efectuadas. Não poderão ser utilizadas centrais que não tenham respeitado o plano de inspecções acima definido.

M. Precisão e tolerâncias de dosagem das centrais betuminosas

A precisão e as tolerâncias de dosagem determinadas para cada tipo de central são as definidas de seguida nos quadros 15 e 16.

Quadro 15 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais descontínuas

Equipamentos	Especificações	Nível I	Nível II
Armazenagem e aquecimento do ligante	Tolerância sobre a variação da temperatura do ligante	$\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Regulação da temperatura	Não obrigatória	Obrigatória
Armazenagem e dosagem de filer comercial	Armazenagem	Silos	Silos
	Tipo de dosagem	Descontínua em balança	Descontínua em balança
	Tolerância de dosagem	$\pm 15\%$	$\pm 10\%$

Quadro 15 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais descontínuas (Continuação)

Equipamentos	Especificações	Nível I	Nível II
Dosagem dos agregados frios	Tipo de dosagem de gravilhas e areias naturais	Volumétrica	Volumétrica
	Tolerâncias de dosagem	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
	Tipo de dosagem de areias britadas	Volumétrica	Ponderal
	Tolerâncias de dosagem	$\pm 10 \%$	$\pm 5 \%$
Dosagem a frio dos agregados a reciclar	Taxa de reciclagem <20%:		
	Tipo de dosagem	Volumétrica	Volumétrica
	Tolerância de dosagem	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \%$
	Taxa de reciclagem > 20%:		
	Tipo de dosagem	Ponderal	Ponderal
Secagem e aquecimento dos agregados	Tolerância de dosagem	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
	Precisão da medida da temperatura dos agregados à saída do tambor	$\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Dosagem do filer recuperado	Reintrodução	Directa após passagem num silo tampão funcionando a nível constante	
Alimentação do misturador com agregados aquecidos	Tolerância sobre o peso total da amassadura	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
	Tolerância sobre o peso de cada fracção granular (caso de crivagem a quente e recomposição por pesagem)	$\pm 5\%$	$\pm 3\%$
Introdução e dosagem do ligante no misturador	Tipo de dosagem	Volumétrica ou Ponderal	Volumétrica ou Ponderal
	Tolerância	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$

Quadro 15 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais descontínuas (Continuação)

Equipamentos	Especificações	Nível I	Nível II
Automatismos e controlos	Arranque sequencial dos doseadores de agregados, filer e agregados a reciclar	Não obrigatório	Obrigatório, salvo se a crivagem e armazenagem a quente por classes granulométricas de maior volume, garantirem mais de 0,5 h de funcionamento
	Conjugação dos doseadores de agregados, finos e agregados a reciclar	Obrigatório para centrais a trabalhar sem crivagem e sem recomposição a quente	
	Memorização de fórmulas	Não obrigatório	Obrigatório
	Controlo e registo dos dados de fabrico	Não obrigatório	Sistema de visualização, tratamento e armazenamento de dados, ou, tomada de ligação standard para sistema exterior análogo ao referido
	Assistência das funções de fabrico - desenvolvimento do ciclo	Determinação das sequências	Registo e determinação das sequências

Quadro 16 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais contínuas e do tipo secador – misturador

Equipamentos	Especificações	Nível I	Nível II
Armazenagem e aquecimento do ligante	Tolerância sobre a variação da temperatura do ligante	$\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Regulação da temperatura	Não obrigatória	Obrigatória
Armazenagem e dosagem de filer comercial	Armazenagem	Silos	Silos
	Tipo de dosagem	Volumétrica ou controlo ponderal	Ponderal
	Tolerância de dosagem	$\pm 15\%$	$\pm 10\%$

Quadro 16 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais contínuas e do tipo secador – misturador
(Continuação)

Equipamentos	Especificações	Nível I	Nível II
Dosagem dos agregados frios	Tipo de dosagem de gravilhas e areias naturais	Volumétrica	Volumétrica
	Tolerâncias de dosagem	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
	Tipo de dosagem de areias britadas	Volumétrica	Ponderal
	Tolerâncias de dosagem	$\pm 10 \%$	$\pm 5 \%$
Dosagem a frio dos agregados a reciclar	Taxa de reciclagem <20%:		
	Tipo de dosagem	Volumétrica	Volumétrica
	Tolerância de dosagem	$\pm 10 \%$	$\pm 10 \%$
	Taxa de reciclagem > 20%:		
Secagem e aquecimento dos agregados	Tipo de dosagem	Ponderal	Ponderal
	Tolerância de dosagem	$\pm 5 \%$	$\pm 5 \%$
	Precisão da medida da temperatura dos agregados à saída do tambor	$\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Dosagem do filer recuperado	Reintrodução (contínuas)	Directa após passagem num silo tampão funcionando a nível constante	
	Reintrodução (secador-misturador)	Directa no tambor secador-misturador	
Introdução e dosagem do ligante no misturador	Tipo de dosagem	Volumétrica	Volumétrica
	Tolerância	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$

Quadro 16 – Precisão e tolerâncias de dosagem para as centrais contínuas e do tipo secador – misturador
(Continuação)

Equipamentos	Especificações	Nível I	Nível II
Automatismos e controles	Arranque sequencial dos doseadores de agregados, filer e agregados a reciclar	Não obrigatório	Obrigatório
	Conjugação dos doseadores de agregados, filer e agregados a reciclar	Obrigatório	Obrigatório
	Memorização de fórmulas	Não obrigatório	Obrigatório
	Controlo e registo dos dados de fabrico	Não obrigatório	Sistema de visualização, tratamento e armazenamento de dados, ou, tomada de ligação standard para sistema exterior análogo ao referido
		Medição em contínuo do débito de agregados húmidos e frios com uma precisão de $\pm 2\%$	
		Correcção da humidade para cálculo do débito de agregados secos	
		Fixação e correcção da densidade do ligante	Correcção automática da densidade do ligante em função da temperatura
	Conjugação do débito de ligante ao débito de agregados	Conjugação da bomba de betume ao débito de agregados secos	Conjugação da bomba de betume ao débito de agregados secos, tendo em conta o tempo de transferência entre a pesagem e o ponto de injeção de ligante com regulação automática pelo contador de betume

3.8.5.2. Fabrico

O Adjudicatário deverá submeter previamente à aprovação da Fiscalização o estudo de composição da mistura betuminosa em função dos materiais disponíveis. Não poderão ser executados quaisquer trabalhos de aplicação em obra sem que tal aprovação tenha sido, de facto, ou tacitamente dada.

Antes do início do processo de fabrico e durante o período de execução dos trabalhos, é obrigatório o armazenamento dos materiais necessários à produção de 15 dias.

Os agregados deverão ser arrumados em estaleiro, de modo a que não possam misturar-se as fracções granulométricas distintas e espalhados por camadas de espessura não superior a 0,5 m a fim de se

minimizar a segregação. A sua recolha deverá ser feita por desmonte frontal e, no caso dos agregados terem sido depositados sobre o terreno natural, não será permitida de modo algum a utilização dos 15 cm inferiores.

Os materiais finos (0-4 ou areia) devem estar obrigatoriamente cobertos.

As camas dos stocks deverão ser previamente aprovados pela Fiscalização e ter uma pendente de forma a evitar acumulação de água.

Para o pré-doseamento dos diversos materiais agregados que entrem na composição da mistura, com excepção do filler, deve o Adjudicatário dispor no estaleiro de tantas tremonhas quantos os referidos materiais, o que significa estar excluído qualquer processo mais grosseiro de pré-mistura, mesmo em relação apenas a uma parte dos componentes. Esta disposição não se circunscreve só às centrais de produção contínua, aplicando-se também às de produção descontínua.

A temperatura dos agregados antes da mistura destes com o betume deve ser compatível com a temperatura da mistura, definida no estudo de formulação.

O betume deve ser aquecido lenta e uniformemente, até à temperatura da mistura definida no estudo.

Não deverão ser aplicadas em obra, as misturas que imediatamente após o fabrico, apresentem temperaturas superiores aos valores definidos nos respectivos estudos. Em tal caso, serão conduzidas, de imediato, a vazadouro e não serão consideradas para efeitos de medição.

As misturas deverão ser fabricadas e transportadas de modo a que tenha lugar o seu rápido espalhamento. A sua temperatura nesta fase deverá estar compreendida na gama de valores definida no estudo. Se tal não acontecer, mesmo que imediatamente após a actuação da pavimentadora, será motivo para rejeição da mistura, devendo ser imediatamente removidas antes do seu total arrefecimento e conduzidas a vazadouro, não sendo, obviamente, consideradas para efeitos de medição.

3.8.5.3. Tolerâncias no fabrico

As tolerâncias admitidas em relação às características de dureza e à fórmula de trabalho aprovada, cumprindo o especificado nas características dos materiais são as seguintes, consoante a máxima dimensão (D) do agregado seja menor ou igual a 16mm ou maior que 16mm:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200) 1%/2%
- % de material que passa no peneiro ASTM 0,180 mm (nº 80) 2%/3%
- % de material que passa no peneiro ASTM de 2,00 mm (nº 10) 3%/4%
- % de material que passa no peneiro ASTM 4,75 mm (nº 4) ou malha mais larga.. 4% /5%
- % de betume 0 /0,3%

3.8.6. TRANSPORTE

3.8.6.1. Equipamento

O Adjudicatário deverá dispor de uma frota de camiões dimensionada de acordo com as distâncias de transporte entre a central de fabrico e a obra a realizar.

Todas as viaturas utilizadas, quer pertençam ou não ao Adjudicatário, deverão estar providas de:

- Caixa de recepção com altura tal que não haja qualquer contacto com a tremonha da pavimentadora;
- Toldo plastificado capaz de evitar o arrefecimento das misturas.

3.8.6.2. Condicionamentos do transporte

A mistura será transportada em viaturas basculantes de caixa aberta com fundo liso e perfeitamente limpo.

Caso as condições atmosféricas façam prever chuva ou em presença de temperaturas ambientes relativamente baixas deverá recobrir-se, obrigatoriamente, o material transportado, com uma lona que tape toda a caixa da viatura.

3.8.7. ESPALHAMENTO

3.8.7.1. Equipamento

O equipamento de espalhamento deverá ser constituído por pavimentadoras de rastos (preferencialmente) com mesas flutuantes de extensão hidráulica ou fixas, capazes de repartir uniformemente as misturas betuminosas.

As pavimentadoras serão compostas por:

- Tractor motriz;
- Mesa pré-compactadora;
- Sistema automático de nivelamento progressivo.

O motor terá potência suficiente para garantir o bom funcionamento de todos os órgãos da máquina.

O equipamento de espalhamento deve ser capaz de repartir uniformemente as misturas betuminosas, sem produzir segregação e respeitando os alinhamentos, inclinações transversais e espessuras projectadas e corrigir pequenas irregularidades.

A alimentação far-se-á sobre uma tremonha dimensionada de forma a permitir a descarga do camião. Deverá conter um mínimo de material a fim de garantir a presença constante na frente da mesa.

A ligação entre o tractor e a mesa que apoia sobre o material a colocar, é feita por duas longarinas articuladas.

A altura das articulações das longarinas, de comando individual, poder-se-á fazer manualmente ou através de um sistema de nivelamento automático.

A fixação das longarinas deverá permitir a regulação do ângulo de incidência, isto é, possibilitar a modificação das espessuras de material a colocar.

O material é transportado para a parte traseira da máquina e aí, através de senfins, é distribuído de uma forma uniforme. Quando forem montadas extensões mecânicas, estas deverão ser acompanhadas das extensões dos respectivos senfins. Estará dotada de um sistema que garanta a alimentação constante em toda a largura de trabalho, de tal forma que haja sempre material a cobrir completamente os senfins de distribuição.

A mesa vibradora será do tipo fixo ou extensível e capaz de produzir de forma homogénea a toda a largura de espalhamento, um grau de compactação mínimo de 90% quando referido ao ensaio Marshall. A compactação será garantida por sistemas de apiloamento (tampers) e/ou vibração para adaptação às condições de espalhamento mais adequadas ao tipo de mistura. As mesas deverão estar munidas de cofragens laterais para garantir um bom acabamento e uma adequada compactação dos

bordos da camada. Terão obrigatoriamente um sistema automático de nivelamento progressivo, para perfis longitudinais e/ou transversais, constituído por sensores e por pêndulo.

3.8.7.2.Particularidades do processo de espalhamento

O processo de espalhamento deverá cumprir as seguintes particularidades:

- Não deve ser precedido da aplicação manual de misturas betuminosas, procedimento correntemente designado por ensaibramento.
- Deverá aguardar a rotura da emulsão aplicada em rega de colagem.
- Deverá ser feito de maneira contínua e executado com tempo seco e de preferência com a temperatura ambiente superior a 10 °C.
- No caso de rampas acentuadas com extensão significativa deve realizar-se, preferencialmente, no sentido ascendente.
- Com excepção da camada de desgaste, poderá prosseguir sob chuvisco ou chuva fraca, sob condição de já se ter verificado a rotura da rega de colagem entretanto feita; porém, esta rega deverá ser imediatamente interrompida até que cesse a precipitação.

O nivelamento das camadas de misturas betuminosas deverá ser garantido a partir da utilização dos seguintes sistemas:

- Fio cotado apoiado em estacas com afastamento máximo de 6,25 metros para a primeira camada aplicada sobre materiais granulares;
- Fio cotado satisfazendo ao acima referido ou réguas com comprimento mínimo de 7 metros;
- Régua com comprimento mínimo de 7 metros na aplicação da segunda camada e seguintes.

O fio a utilizar será unifilar, de 2 mm de diâmetro, comprimento inferior a 200 m e com uma tensão na ordem dos 80 kg. O fio deverá ser compatível com as condições de apoio, de modo a evitar ressaltos dos sensores.

Poderão ser utilizados outros sistemas de nivelamento, tais como ultra sons, lazer, etc. desde que previamente aprovados pela Fiscalização.

Sempre que as características da pavimentadora não permitam a execução da camada em toda a largura da faixa de rodagem deverão ser utilizadas duas pavimentadoras em paralelo. Neste caso recorrer-se-á aos sistemas de nivelamento acima referidos, complementando a segunda pavimentadora com o apoio sobre a camada já executada.

Os cuidados a ter no início dos trabalhos de espalhamento são:

- O percurso deverá estar limpo de quaisquer obstáculos;
- O material não poderá transbordar da tremonha da máquina;
- Na troca de camiões, a tremonha não deverá ficar completamente vazia, excepto quando houver paragens muito prolongadas;
- Verificar se todos os componentes do nivelamento estão em perfeitas condições de funcionamento;
- Verificar se os suportes dos sensores estão convenientemente apertados;
- Verificar se os sensores estão montados fora da influência do tamper e se estão a responder rapidamente às modificações de regulação;

- Verificar se o fio de apoio dos sensores está convenientemente tensionado e com apoios suficientes para impedir a formação de flecha;
- Verificar a precisão da mira, quando se utiliza o laser;
- O arranque da máquina far-se-á após execução de junta transversal e o apoio da mesa sobre calços de madeira;
- No final do trabalho a máquina deverá ficar completamente vazia, retirada do local e convenientemente limpa;
- Quando a largura da mesa é aumentada com o acoplamento de extensões mecânicas, deverá ser assegurada a sua rigidez, através da montagem de tirantes;
- Deverá ser assegurado o seu perfeito alinhamento, de forma a não criar vincos;
- Sempre que se montem extensões mecânicas estas deverão ser acompanhadas das respectivas extensões de senfins e deflectores.

3.8.8. COMPACTAÇÃO

3.8.8.1. Equipamento

Os cilindros a utilizar na compactação das misturas serão obrigatoriamente auto-propulsionáveis e dos seguintes tipos:

- Rolo de rasto liso
- Pneus
- Combinados

Os cilindros disporão de sistema de rega adequado, e os cilindros de pneus serão equipados com "saías de protecção".

3.8.8.2. Particularidades do processo de compactação

As operações de compactação devem ser iniciadas quando a mistura atingir a temperatura referida nos boletins de fornecimento de betumes e correspondentes a viscosidades de 280+30 cSt assim que os cilindros possam circular sem deixarem deformações exageradas na mistura e devem ser efectuadas enquanto a temperatura no material betuminoso é superior à temperatura mínima de compactação recomendada para cada tipo de betume e definidas no estudo de formulação.

O cilindrado deve ser efectuado até terem desaparecido as marcas dos rolos da superfície da camada e se ter atingido o grau de compactação de 97% referido à baridade obtida sobre provetes Marshall moldados com a mistura produzida nesse dia. Quando estes valores variarem +/- 0,05 t/m³ em relação à baridade do estudo de formulação este terá que ser respeitado.

O trem de compactação será definido no trecho experimental.

A velocidade dos cilindros deverá ser contínua e regular para não provocar desagregação das misturas.

Os cilindros vibradores devem dispor de dispositivos automáticos de corte da vibração, um certo tempo antes de chegar ao ponto de mudança de direcção, início e fim do troço.

Alguns dispositivos existentes no pavimento, tais como caixas de visita, etc., podem ficar danificados pela passagem dos rolos vibradores. Nestes casos é usual desligar a vibração 0,50 m antes desses dispositivos e empregar nestes locais rolos estáticos ou mesmo compactação manual.

Nos troços construídos em sobrelevações, a compactação deve ser iniciada da berma mais baixa, devendo-se reduzir a velocidade e a frequência de vibração do cilindro vibrador, quando utilizado.

Os cilindros só deverão proceder a mudanças de direcção quando se encontrem em áreas já cilindradas com, pelo menos, duas passagens.

Nas zonas com declive significativo, o cilindramento deve ser sempre realizado de baixo para cima e dos bordos para o centro.

Deverá ser dada especial atenção à compactação das juntas.

O trânsito nunca deverá ser estabelecido sobre a mistura betuminosa nas 2 horas posteriores ao fim do cilindramento, podendo, no entanto, aquele prazo ser aumentado sempre que tal for possível.

3.8.9. JUNTAS DE TRABALHO

É obrigatória a execução de juntas de trabalho transversais entre os troços executados em dias consecutivos e, no caso de se proceder à aplicação por meias-faixas, de juntas longitudinais, umas e outras de modo a assegurar a ligação perfeita das secções executadas em ocasiões diferentes.

As juntas de trabalho serão executadas por serragem da camada já terminada, de modo a que o seu bordo fique vertical.

Os topos, já cortados, do troço executado anteriormente, deverão ser limpos e pintados levemente com emulsão do tipo das indicadas em 3.1.8.3. *Emulsões Betuminosas Catiónicas*. Inicia-se depois o espalhamento das misturas betuminosas do novo troço. Igualmente deverão ser pintadas com emulsão todas as superfícies de contacto da mistura com caixas de visita, lancis, etc.

Quando se execute uma sequência de várias camadas, deverá haver a preocupação de desfazar as juntas de trabalho.

3.8.10. EQUIPAMENTO PARA A EXECUÇÃO DE CAMADAS BETUMINOSAS A QUENTE

O Adjudicatário deverá dispor e manter em boas condições de serviço o equipamento apropriado para o trabalho, o qual será previamente submetido à apreciação da Fiscalização com entrega de documentos comprovativos da última revisão.

O equipamento deverá, quando for caso disso, ser montado no local previamente aceite pela Fiscalização com a suficiente antecipação sobre o início da obra. Deste modo poderá ser feita uma cuidadosa inspecção, calibragem dos dispositivos de medição, ajustamento de todas as peças e a execução de quaisquer trabalhos de conservação e/ou reparação, que se mostrem necessários para a garantia do trabalho com qualidade satisfatória.

Com aquele objectivo, aquando da apresentação do Plano de Trabalhos, o Adjudicatário fornecerá à Fiscalização um "dossier" técnico, que incluirá uma descrição tão detalhada quanto possível de:

- Localização da área de implantação da central e respectivo lay-out e plano de stockagem de agregados;
- Tipo e capacidade da central betuminosa, assim como componentes e dispositivos de controlo da mesma;
- Meios de transporte, justificando o número de unidades;
- Tipos e capacidades dos equipamentos a utilizar no espalhamento e compactação das misturas e justificação;

- Dimensionamento dos meios humanos, com indicação dos responsáveis técnicos pelas unidades de fabrico e de transporte, espalhamento e compactação.

Em obras em que a medição das quantidades é feita em peso, a Fiscalização poderá impor a instalação de balanças com características apropriadas para a pesagem das viaturas de transporte das misturas betuminosas, junto da central de fabrico. O Adjudicatário não terá direito a qualquer pagamento pela eventual implementação da referida medida, a menos que no projecto esteja contemplada a instalação de tais dispositivos, a coberto de rubricas orçamentais específicas.

3.8.11. CONTROLO DE QUALIDADE

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub-capítulo 3.23. *Controlo da qualidade.*

3.8.11.1. Durante o fabrico e aplicação

Os valores obtidos para a granulometria dos inertes e percentagem em betume devem obedecer às tolerâncias definidas em 5.8.5.3. *Tolerâncias no fabrico.* As restantes características devem obedecer ao definido nas características dos materiais.

3.8.11.2. Após a aplicação

Espessura das camadas

Os valores medidos devem ser inferiores às espessuras de projecto em pelo menos 95% das carotes extraídas. As restantes devem satisfazer as tolerâncias definidas no quadro 17.

Quadro 17 – Tolerâncias na espessura das camadas

Camada de desgaste	1ª camada subjacente à camada de desgaste	2ª camada e seguintes subjacentes à camada de desgaste
±0,5 cm	±1,0 cm	±2,0 cm

Grau de compactação e porosidade

Os valores relativos ao grau de compactação e porosidade definidos nas características dos materiais e nos processos construtivos deverão ser respeitados em 95% das carotes que entram na apreciação.

Regularidade

A superfície acabada deve ficar bem desempenada, com um perfil transversal correcto e livre de depressões, alteamentos e vincos, não podendo, em qualquer ponto, apresentar diferenças superiores a 1,5 cm em relação aos perfis longitudinal e transversal estabelecidos. A uniformidade em perfil será verificada tanto longitudinalmente como transversalmente, através de uma régua fixa ou móvel de 3 m devendo os valores medidos cumprirem os limites do quadro 18.

Quadro 18 – Limites das irregularidades transversais e longitudinais das camadas betuminosas

	Camada de desgaste	1ª camada subjacente à camada de desgaste	2ª camada e seguintes subjacentes à camada de desgaste
Irregularidades transversais	0,5 cm	0,8 cm	1,0 cm
Irregularidades longitudinais	0,3 cm	0,5 cm	0,8 cm

Complementarmente devem ser respeitados os valores admissíveis para o IRI (Índice de Regularidade Internacional) definidos no quadro 19 para a camada de desgaste.

Para a obtenção destes valores recomenda-se que sejam respeitados os valores referidos para a 1ª e 2ª camadas subjacentes à camada de desgaste.

Quadro 19 – Valores admissíveis de IRI (m/km), calculados por troços de 100 metros em pavimentos com camadas de desgaste betuminosas

	Percentagem da extensão da obra		
	50%	80%	100%
Camada de desgaste	≤ 1,5	≤ 2,5	≤ 3,0
1ª Camada sob a camada de desgaste	≤ 2,5	≤ 3,5	≤ 4,5
2ª Camada e seguintes sob a camada de desgaste	≤ 3,5	≤ 5,0	≤ 6,5

Estes valores correspondem às classificações do quadro 20.

Quadro 20 – Classificações do IRI

Muito Bom	Excede largamente os parâmetros exigidos
Bom	Cumprer os parâmetros exigidos exceção feita à percentagem da extensão do traçado com valores inferiores a 3,0, que deverá ser superior ou igual a 95%
Razoável	Cumprer os parâmetros exigidos, exceção feita às percentagens de extensão do traçado com valores inferiores a 1,5 e 3,0, onde se admitem respectivamente as percentagens de 40 e 90
Medíocre	Não cumpre as exigências anteriores (razoável), mas apresenta valores de IRI de 1,5; 2,5 e 3,0 em percentagens do traçado superiores a 15, 60 e 85, respectivamente
Mau	Não cumpre os parâmetros exigidos nas classificações anteriores

Estes valores devem ser medidos em cada via de tráfego, ao longo das duas rodeiras (esquerda e direita), e calculados os correspondentes IRI por troços de 100 m. O valor médio obtido nas duas rodeiras por cada troço de 100 m será o representativo desse troço.

A medição da irregularidade com vista à determinação do IRI deverá ser efectuada recorrendo a métodos que forneçam o perfil longitudinal da superfície, tais como nivelamento topográfico de precisão, o equipamento APL, ou os equipamentos que utilizam sensores tipo laser ou ultra-sons. O intervalo de amostragem mínimo utilizado para o levantamento do perfil deverá ser da ordem de 0,25 m.

Não deverão ser utilizados equipamentos que efectuem a medição da irregularidade com base na resposta da suspensão de um veículo (designados por equipamentos tipo “resposta”), atendendo às limitações que estes equipamentos apresentam. Considera-se, com efeito, desejável o fornecimento dos resultados em termos de perfil longitudinal da superfície segundo o alinhamento ensaiado, para além dos valores do IRI por troços de 100 m, de modo a poderem visualizar-se quaisquer deficiências pontuais existentes na superfície, facilitando a sua localização e tendo em vista a posterior correcção das mesmas quando se justifique.

Rugosidade superficial

A superfície de camadas de desgaste deverá apresentar, uma profundidade mínima de textura superficial, caracterizada pelo ensaio para determinação de altura de areia (Aa), de acordo com o especificado no quadro 21.

Quadro 21 – Valor mínimo de altura de areia de acordo com o tipo de camada

Tipo de mistura betuminosa	Altura de areia (mm)
Betão betuminoso	Aa > 0,6
Argamassa betuminosa	Aa > 0,4

Resistência à derrapagem

A resistência à derrapagem pode ser avaliada através de ensaios de medição do coeficiente de atrito em contínuo. Quando feita com o aparelho SCRIM, para medições a 50km/h, aquele valor não deverá ser inferior a 0,40.

Em alternativa a resistência à derrapagem será avaliada através de ensaios para determinação do coeficiente de atrito pontual, a efectuar com o pêndulo britânico. Estes ensaios serão realizados de 500 em 500 m. Após construção, a camada de desgaste deverá apresentar um coeficiente de atrito superior a 0,55 (unidades BPN), após a película de betume que envolve os agregados à superfície ser removida pela passagem do tráfego.

3.9. CAMADAS DE BASE E REGULARIZAÇÃO EM MACADAME BETUMINOSO

Este sub-capítulo refere-se à execução de camadas de base e de regularização em macadame betuminoso, cujas características dos materiais e os processos construtivos são descritos de seguida.

3.9.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE BASE

3.9.1.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9. *Ligantes Betuminosos*.

3.9.1.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do macadame betuminoso deverá obedecer, ainda, às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6 respeitará obrigatoriamente um dos seguintes fusos granulométricos:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada material que passa	
	Fuso A	Fuso B
37,5 mm (1 1/2")	—	100
25,0 mm (1")	100	87 - 100
19,0 mm (3/4")	95 - 100	68 - 92
12,5 mm (1/2")	60 - 91	60 - 80
9,5 mm (3/8")	51 - 71	50 - 70
4,75 mm (nº 4)	36 - 51	37 - 53
2,00 mm (nº 10)	26 - 41	26 - 41
0,850 mm (nº 20)	17 - 32	17 - 32
0,425 mm (nº 40)	11 - 25	11 - 25
0,180 mm (nº 80)	5 - 17	5 - 17
0,075 mm (nº 200)	2 - 8	2 - 8

Nota: O fuso B deverá ser utilizado em camadas com espessura igual ou superior a 10 cm

- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima..... 40 %
- Índices de lamelação e alongamento, máximos 30 %
- Equivalente de areia da mistura de agregados, mínimo..... 50 %
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo0,8
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima 3%

3.9.1.3. Características da mistura betuminosa

Para o **Fuso A**, os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores a seguir indicados:

- Número de pancadas em cada extremo do provete 75
- Força de rotura 8000 a 15 000 N
- Deformação, máxima 4 mm
- Valor de VMA (percentagem de Vazios na Mistura de Agregados), mínimo 13%
- Porosidade (*) 4 – 6%
- Relação ponderal filer (material de dimensão inferior a 75 µm)/betume 1,1 - 1,5
- Resistência conservada, mínima 70%

(*) Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041) para a percentagem óptima de betume da mistura em estudo.

Para o **Fuso B**, quando não for aplicável o método Marshall, em virtude da percentagem acumulada do material que passa for inferior a 100% no peneiro de 25 mm ASTM, a mistura betuminosa deverá apresentar as seguintes características:

- Percentagem de betume (relação ponderal entre a massa do betume e a massa total da mistura), mínima 4,3% (1)
- Relação ponderal filer (material de dimensão inferior a 75 µm)/betume 1,1 - 1,5
- Porosidade em obra após construção 4 – 8%
- A mistura deverá apresentar em obra trabalhabilidade suficiente para a obtenção das baridades especificadas em 3.9.3.

(1) Poderá ser aplicada uma tolerância de $\pm 0,3\%$. Este valor será registado em consequência do comportamento da mistura durante a construção do trecho experimental.

Caso o método Marshall seja aplicável, as características da mistura betuminosa serão as indicadas para o Fuso A.

3.9.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO

Para as camadas de regularização os materiais deverão cumprir as especificações mencionadas para o fuso A em 3.9.1. *Características dos materiais para camadas de base.*

3.9.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.9.3.1. Apresentação do estudo

- Primeiro determina-se em laboratório a granulometria da mistura de agregados, composta a partir da combinação das fracções que irão ser utilizadas no fabrico da mistura. A curva granulométrica assim obtida deve situar-se dentro do fuso granulométrico definido em 3.9.1.
- A composição será proposta à Fiscalização, num relatório, pelo menos 15 dias antes do início previsível dos trabalhos em obra. O relatório deverá indicar a percentagem de cada uma das fracções dos agregados – denominada fórmula de estudo – e incluirá os boletins

relativos aos ensaios mencionados em 3.8.1.1., na apresentação do estudo. No caso de haver alterações na origem dos materiais constituintes da mistura, deverá ser apresentado novo estudo com uma proposta de fórmula de estudo, antes da utilização de tais materiais.

- A percentagem de betume a incorporar na mistura será seleccionada através dos resultados obtidos no trecho experimental, de modo a obter-se a porosidade, especificada em 3.9.1.

3.9.3.2. Transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico

Deverão ser cumpridas as disposições mencionadas em 3.8.2. *Transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico.*

3.9.3.3. Execução do trecho experimental

Para além dos procedimentos referidos em 3.8.3. *Execução de trechos experimentais*, para a determinação da percentagem de betume a incorporar na mistura, o procedimento na realização do trecho experimental será o seguinte:

- Aplicam-se pelo menos duas misturas betuminosas, com percentagens de betume diferentes (situadas nos valores definidos nas características dos materiais) localizadas em dois subtrechos, bem identificados;
- A compactação das misturas referidas, será feita de modo a subdividir cada subtrecho, em duas zonas bem localizadas, onde se varia o processo de compactação, com o controlo do número de passagens dos cilindros, da temperatura das misturas, da ordem de intervenção dos cilindros, da frequência e amplitude da energia de compactação, etc.

Serão colhidas amostras de cada uma das misturas testadas para elaboração dos seguintes ensaios:

- Determinação da percentagem de betume;
- Análises granulométricas das misturas dos agregados, projectando-se as curvas no fuso das tolerâncias determinado para a curva obtida no estudo laboratorial;
- Determinação da baridade máxima teórica, através do picnómetro de vácuo.

No dia seguinte, após a mistura arrefecida procede-se a uma campanha de sondagens para extracção de provetes para determinação das baridades de cada subtrecho.

A partir dos elementos anteriores, determina-se a porosidade das misturas.

A análise e conclusão dos resultados serão feitas, de acordo com os resultados obtidos para cada uma das misturas ensaiadas. A selecção da percentagem de betume e da energia de compactação será feita, de modo a que se obtenha um valor de porosidade da mistura aplicada, nas condições definidas em 3.9.1. *Características dos materiais para a camada de base.*

Após concluir-se que a central está a fabricar uma mistura com a percentagem de betume fixada no trecho experimental e uma curva granulométrica de agregados muito idêntica à do estudo, calcular-se-á a baridade máxima teórica da mistura para futuros cálculos da porosidade.

3.9.3.4. Particularidades do processo construtivo

Serão seguidas as especificações mencionadas em 3.8.5.2. *Fabrico* e em 3.8.5.3. *Tolerancias no fabrico*.

Não deverão ser aplicadas camadas com espessura inferior a 0,08 m ou superior a 0,15 m, com as tolerâncias definidas em 3.8.11.2 no referente ao grau de compactação e porosidade.

Para espessuras superiores a 0,13 m, poderá ser necessário recorrer a pavimentadoras com alto poder de compactação. De qualquer modo, o equipamento a utilizar na densificação da camada, deverá ser suficiente para se garantir as características fixadas neste Caderno de Encargos.

O nivelamento destas camadas deverá, em princípio, ser realizado através de um sistema de guiamento electrónico apoiado num fio com fixação de 5 em 5 m. Em estradas de traçado antigo em que a utilização deste sistema leve à colocação de espessuras exageradas recorrer-se-à à utilização de réguas de comprimento mínimo de 7,0 m.

A superfície acabada deve ficar bem desempenada, com perfis longitudinal e transversal tanto quanto possível correctos e livres de depressões, alteamentos e vincos.

Em face dos resultados do trecho experimental, a Fiscalização aprovará ou não o equipamento de espalhamento e compactação, podendo determinar a sua substituição parcial ou total ou, ainda, algum ajustamento à composição do macadame betuminoso sem, contudo, alterar as suas características mecânicas básicas.

A camada de base em macadame betuminoso não poderá permanecer sujeita ao tráfego de obra durante um tempo significativo de modo a evitar-se a introdução de danos significativos nas características mecânicas do material e o comprometimento da sua capacidade estrutural, por excesso de solicitação (sobrecargas). Assim, Adjudicatário deverá promover as medidas adequadas para minimizar o tráfego de obra sobre aquela camada, que terá de ser coberta tão cedo quanto for possível.

3.10. SEMI-PENETRAÇÃO BETUMINOSA

Este sub-capítulo refere-se à execução de camadas de regularização em semi-penetração betuminosa, cujas características satisfazem ao estipulado em 3.10.1. *Características dos materiais* e cujos processos de fabrico e de aplicação obedecem ao estipulado em 3.8. *Disposições gerais para o estudo fabrico, transporte e aplicação de misturas betuminosas a quente*.

3.10.1 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

3.10.1.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes puros (destilação directa)*.

3.10.1.2. Agregados

Para a camada de base

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para a execução da base em semi-penetração betuminosa deverá, ainda, obedecer às seguintes prescrições:

- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria A), máxima..... 40%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 35%
- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
50 mm (2")	100
37,5 mm (1 1/2")	90 - 100
25,0 mm (1")	20 - 55
19,0 mm (3/4")	0 - 15
9,5 mm (3/8")	0 - 5

Para o recobrimento

Deverá utilizar-se um agregado obedecendo o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas* e, ainda, às seguintes prescrições:

- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima..... 35%
- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6.2 respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
16,0 mm (5/8")	100
9,5 mm (3/8")	40 - 75
4,75 mm (nº 4)	5 - 25
2,00 mm (nº 10)	0 - 5
0,850 mm (nº 20)	0 - 2

3.10.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.10.2.1. Espalhamento e cilindramento do agregado

Preparada a superfície sobre a qual se vai construir a camada, de modo a apresentar-se bem consolidada, regularizada e limpa de materiais estranhos, procede-se ao espalhamento, de preferência mecânico, do agregado para a base, de maneira uniforme e sem provocar significativa segregação, por forma a que a espessura total, depois de recalque, seja a definida no projecto. Em princípio, o espalhamento deve ser feito a toda a largura da camada.

No caso de espalhamento manual, os veículos de carga não deverão descarregar o agregado no local onde se vai executar a camada, nem onde ele se possa sujar.

Em qualquer dos casos e depois de regularizado o agregado deve proceder-se à exaustiva eliminação de bolsas de materiais finos, que ultrapassem 2/5 da altura da camada, por recurso a forquilhamento manual e remoção de excedentes, à pá, para fora da zona dos trabalhos.

Concluída a eliminação de bolsadas de materiais finos, executa-se a compactação do agregado regularizado por meio de cilindro vibrador de rasto liso, de modo a obter-se uma superfície estável e bem desempenada transversal e longitudinalmente. Este cilindramento pode ser auxiliado, sempre que o Adjudicatário ou a Fiscalização o julguem conveniente, por meio de pequenas e frequentes regas, tendo-se o cuidado de abrir sangrias nas bermas para o escoamento do excesso de água, caso estas já estejam construídas.

3.10.2.2. Espalhamento do aglutinante betuminoso

Logo que o agregado esteja nas condições indicadas e a metade superior da camada convenientemente seca, procede-se ao espalhamento de betume do tipo 160/220 à temperatura de 130 °C a 170 °C. Este espalhamento deve ser feito de preferência mecânicamente, mas de modo a alterar o menos possível a estabilidade da camada.

O aglutinante betuminoso não deverá ser aplicado quando a temperatura ambiente for inferior a 15 °C, ou quando a temperatura da superfície a regar for inferior a 10 °C.

Deve haver o máximo cuidado na execução das juntas de ligação do espalhamento, de forma a não haver falhas nem sobreposição do aglutinante.

O equipamento a utilizar deve ser constituído de preferência por distribuidores automóveis, que devem ser equipados com indicadores de velocidade independentes dos velocímetros normais dos veículos. Tanto estes como as caldeiras devem ainda estar munidos de termómetro e manómetro.

O espalhamento deve ser o mais uniforme possível:

- A distribuição do aglutinante não pode variar longitudinalmente mais do que 10%;
- A distribuição do aglutinante, na largura efectiva, não pode variar mais do que 15%.

3.10.2.3. Espalhamento e cilindramento do agregado de recobrimento

Logo após a aplicação do aglutinante e quando este tenha percolado suficientemente na profundidade de meia camada, procede-se ao espalhamento, de preferência mecânico, do agregado de recobrimento, de modo uniforme e de forma a preencher-se completamente os intervalos das pedras superiores e cobrir assim toda a superfície do aglutinante à vista.

O espalhamento mecânico deve ser executado com pavimentadoras que deixem cair a gravilha verticalmente, distribuindo-a uniformemente. Sempre que necessário, deverá proceder-se à sua regularização. O espalhamento manual deverá ser executado com pás em lanços largos de modo a cobrir uniformemente toda a superfície. Seguidamente, deve proceder-se à regularização com vassouras, de forma a obter-se uma superfície sem falhas e sem sobreposição dos elementos do agregado.

Imediatamente a seguir ao espalhamento da gravilha, executa-se a sua compressão, de preferência com um cilindro de pneus, prosseguindo o cilindramento até se obter uma superfície unida, estável e bem desempenada, de acordo com o perfil transversal tipo projectado, não devendo, de forma alguma, notar-se esmagamento do agregado. Durante a operação de cilindramento deverão cobrir-se com gravilha todos os pontos em que o aglutinante tenda a refluir. O cilindramento deverá ser repetido, pelo menos durante os três dias seguintes à sua execução, nas horas de temperatura ambiente mais elevada, directamente sobre a semi-penetração ou sobre o revestimento superficial (no caso de este já ter sido executado, antes de decorridos os três dias).

3.10.2.4. Técnicas de execução a frio

Caso o Adjudicatário pretenda utilizar o recurso alternativo às emulsões betuminosas prescritas em 3.1.8.3. *Emulsões betuminosas catiónicas* para semi-penetrações e revestimentos superficiais betuminosos, deverá aplicar-se o aglutinante em duas ou três regas, consoante os casos, devendo o agregado de recobrimento ser recalibrado em conformidade com as necessidades.

3.10.2.5. Circulação sobre a camada recentemente executada

Poderá ser permitida a circulação de veículos logo após a execução da camada, desde que não se note qualquer deformação no pavimento e desde que o aglutinante seja um betume puro. Os veículos deverão circular a uma velocidade inferior a 30 km/h durante um período tanto maior quanto o for a temperatura ambiente e nunca inferior a três dias. No caso de ter sido empregue uma emulsão betuminosa, o trânsito deverá ser cortado por um período a definir em função do peso dos veículos e da intensidade do tráfego.

3.11. CAMADAS DE REGULARIZAÇÃO EM MISTURA BETUMINOSA Densa E BETÃO BETUMINOSO

Este sub-capítulo refere-se à execução de camadas de regularização em mistura betuminosa densa e betão betuminoso.

3.11.1. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS DENSAS

3.11.1.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes Puros (destilação directa)*.

3.11.1.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico da mistura betuminosa densa, deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
25,0 mm (1")	100
19,0 mm (3/4")	85 - 100
12,5 mm (1/2")	73 - 87
4,75 mm (nº 4)	45 - 60
2,00 mm (nº 10)	32 - 46
0,425 mm (nº 40)	16 - 27
0,180 mm (nº 80)	9 - 18
0,075 mm (nº 200)	5 - 10

- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima 35%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 30 %
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem a adição de filer), mínimo 50%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo..... 0,8
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima3%

Nota: A composição da mistura betuminosa, quando a areia e o pó de granulação utilizados sejam de natureza granítica, deverá incluir obrigatoriamente uma percentagem ponderal de filer não inferior a 3% ou a aditivação do ligante. Caso se utilize como filer a cal hidráulica aquele limite poderá ser reduzido para 1,5%.

3.11.1.3. Características da mistura betuminosa

Os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores a seguir indicados:

- Número de pancadas em cada extremo do provete 75
- Força de rotura 8000 a 15000 N
- Deformação, máxima 4 mm
- Valor de VMA (percentagem de Vazios na Mistura de Agregados), mínimo 13%
- Porosidade (*) 3 – 6%
- Relação ponderal filer (material de dimensão inferior a 75 µm) / betume..... 1,1 – 1,5
- Resistência conservada, mínima 75 %

(*) Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041) para a percentagem óptima de betume da mistura em estudo.

3.11.2. CARACTERÍSTICAS DO BETÃO BETUMINOSO (COM 0,05 M DE ESPESSURA MÉDIA) SUBJACENTE A CAMADAS DE DESGASTE DELGADA

3.11.2.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes Puros (destilação directa)*.

3.11.2.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas Betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do betão betuminoso, subjacente à camada de desgaste delgadas deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
16,0 mm (5/8")	100
12,5 mm (1/2")	80 - 90
9,5 mm (3/8")	66 - 82
4,75 mm (nº 4)	45 - 65
2,00 mm (nº 10)	30 - 42
0,425 mm (nº 40)	12 - 20
0,180 mm (nº 80)	8 - 15
0,075 mm (nº 200)	5 - 10

- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima..... 35%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 30%
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem a adição de filer), mínimo 50%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo 0,8
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima 2%

Nota: A composição do betão betuminoso, quando a areia e o pó de granulação utilizados sejam de natureza granítica, deverá incluir obrigatoriamente uma percentagem ponderal de filer não inferior a 3% ou a aditivção do ligante. Caso se utilize como filer a cal hidráulica aquele limite poderá ser reduzido para 1,5%.

3.11.2.3. Características da mistura betuminosa

Os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores a seguir indicados:

- Número de pancadas em cada extremo do provete.....75
- Força de rotura..... 8000 a 15000 N
- Deformação, máxima.....4 mm
- Valor de VMA (percentagem de Vazios na Mistura de Agregados), mínimo..... 14%
- Porosidade (*)..... 4 – 6%
- Relação ponderal filer (material de dimensão inferior a 75 µm) /betume 1,1 – 1,5
- Resistência conservada, mínima 75%

(*) Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041) para a percentagem óptima de betume da mistura em estudo.

3.11.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Os processos de fabrico e de aplicação obedecem ao estipulado em 3.11.3. *Processos construtivos*.

3.11.3.1. Apresentação do estudo

Os estudos a apresentar pelo Adjudicatário, pelo menos 15 dias antes do início previsível dos trabalhos em obra, deverão incluir todos os boletins de ensaios mencionados em 3.8.1 e as características das misturas deverão cumprir as especificações referidas em 3.11.1. e 3.11.2.

3.11.3.2. Transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico

A transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico deverá ser efectuada de acordo com as especificações mencionadas em 3.8.2. *Transposição do estudo laboratorial para a central de fabrico.*

3.11.3.3. Execução do trecho experimental

A execução do trecho experimental deverá ser efectuada de acordo com as especificações mencionadas em 3.8.3. *Execução de trechos experimentais.*

3.11.3.4. Particularidades do processo construtivo

A camada de regularização em mistura betuminosa densa deverá ter uma espessura compreendida entre 0,06 e 0,08 m. Quando esta camada for em betão betuminoso a espessura deverá estar compreendida entre 0,04 e 0,06 m.

3.12. CAMADA DE DESGASTE EM BETÃO BETUMINOSO

3.12.1. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS DE BETÃO BETUMINOSOS

3.12.1.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes Puros (Destilação Directa).*

3.12.1.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas.*

A mistura de agregados para o fabrico do betão betuminoso deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções granulométricas indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
16,0 mm (5/8")	100
12,5 mm (1/2")	80 - 88
9,5 mm (3/8")	66 - 76
4,75 mm (nº 4)	43 - 55
2,00 mm (nº 10)	25 - 40
0,425 mm (nº 40)	10 - 18
0,180 mm (nº 80)	7 - 13
0,075 mm (nº 200)	5 - 9

- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima..... 20% a)
- Percentagem de material britado (ver 14.03.0-9.1)..... 100%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 25%
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo 0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem a adição de filer), mínimo 60%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo 0,8
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima 2%

a) 30% em granitos

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B) uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

A composição do betão betuminoso, quando a areia e o pó de granulação utilizados sejam de natureza granítica, deverá incluir obrigatoriamente uma percentagem ponderal de filer não inferior a 3% ou a aditivação do ligante. Caso se utilize como filer a cal hidráulica aquele limite poderá ser reduzido para 2%.

3.12.1.3. Características da mistura betuminosa

Os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores seguidamente indicados:

- Número de pancadas em cada extremo do provete..... 75
- Força de rotura..... 8000 a 15000 N
- Deformação máxima..... 4 mm
- Valor de VMA (percentagem de Vazios na Mistura de Agregados), mínimo..... 14%
- Porosidade (*)..... 4 – 6%
- Relação ponderal filer (material de dimensão inferior a 75 µm) / betume 1,1 – 1,5
- Resistência conservada, mínima 75%

(*) Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041) para a percentagem óptima de betume da mistura em estudo.

3.12.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Os processos de fabrico e de aplicação obedecem ao estipulado em 3.8. *Disposições gerais para o estudo, fabrico, transporte e aplicação de misturas Betuminosas a quente.*

3.13. INCRUSTAÇÃO DE GRAVILHAS EM CAMADA DE DESGASTE EM BETÃO BETUMINOSO

3.13.1. GRAVILHAS DURAS INCRUSTADAS

3.13.1.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes Puros (Destilação Directa).*

3.13.1.2. Gravilhas

As gravilhas devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas* e, ainda, às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir da fracção 10/14 como indicada em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
16,0 mm (5/8")	100
12,5 mm (1/2")	75 - 90
9,5 mm (3/8")	0 - 20
4,75 mm (nº 4)	0 - 5
2,00 mm (nº 10)	0 - 2
0,850 mm (nº 20)	0 - 0,5

- Percentagem de material britado..... 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima 20% a)
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 25%
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo..... 0,50

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

a) 30% em granitos

3.13.1.3. Características das gravilhas pré-envolvidas

As gravilhas devem ser pré-envolvidas em ligante betuminoso garantindo uma percentagem de betume residual compreendida entre 1,5 e 2,5%.

A taxa média de aplicação das gravilhas pré-envolvidas deve estar compreendida entre 9 a 12 kg/m².

Caso seja necessário, pode ser adicionado filer de modo a garantir que as gravilhas sejam envolvidas com a percentagem de ligante definida.

3.13.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

A incrustação com recurso a gravilhas de fracção granulométrica 10/14 mm, no betão betuminoso aplicado em camada de desgaste, pautar-se-á pelas seguintes disposições:

- As gravilhas serão secas a menos de 0,5% de teor em água residual e pré-envolvidas, em central adequada para fabrico de betão betuminoso, de acordo com o definido em 3.13.1.
- As gravilhas pré-envolvidas serão transportadas por viaturas obrigatoriamente cobertas, só podendo ser espalhadas e iniciado o processo de compactação desde que a temperatura do betão betuminoso onde vão ser incrustadas se mantiver acima dos 135 °C para betumes 50/70 e 140 °C para betumes 35/50;
- A observância do ponto antecedente poderá obrigar o Adjudicatário a tomar todas as medidas de planeamento necessárias para se evitar arrefecimentos excessivos do material, suprimindo ou reduzindo as esperas e a estrita observação das disposições recomendáveis relativas ao enchimento dos camiões;
- O espalhamento será tão uniforme quanto possível, sem no entanto se recobrir completamente o betão betuminoso, e deverá ser executado imediatamente depois do espalhamento daquela mistura, antes de se iniciar a operação de compactação. O espalhamento poderá ser efectuado por dois tipos de gravilhadora: as que circulam sobre o betão betuminoso e as que circulam apoiadas de um e outro lado da faixa pavimentada. Devem apresentar, ainda, uma fraca altura de queda das gravilhas e uma velocidade de avanço suficientemente baixa, compatível com a da pavimentadora;
- A operação de compactação do conjunto "gravilha / betão betuminoso" deve ser realizada tão rapidamente quanto possível, e iniciando-se com recurso a cilindros de rasto liso de 8 a 12 t, seguindo-se o processo de compactação da mistura como é habitual;
- Nos pavimentos ladeados com lancis deverá garantir-se uma largura junto aos bordos superior a 0,15 m sem gravilhas incrustadas, de forma a facilitar a drenagem da água superficial para o sistema de drenagem;
- O mesmo se aconselha para as zonas limítrofes das faixas de rodagem aonde se localizarão as pinturas correspondentes à sinalização horizontal;
- Deverá garantir-se o espalhamento de gravilhas nas zonas das juntas longitudinais e transversais em tempo útil para poderem ser correctamente incrustadas;
- Antes da entrada em serviço do pavimento, deverá proceder-se a uma operação de limpeza das gravilhas soltas com recurso a vassouras mecânicas apropriadas ou a camiões-aspiradores.

3.14. CAMADA DE REGULARIZAÇÃO E/OU DESGASTE EM ARGAMASSA BETUMINOSA

3.14.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADA DE REGULARIZAÇÃO

3.14.1.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes Puros (Destilação Directa)*.

3.14.1.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico da argamassa betuminosa deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (nº 4)	95 - 100
2,00 mm (nº 10)	70 - 85
0,425 mm (nº 40)	25 - 40
0,180 mm (nº 80)	12 - 20
0,075 mm (nº 200)	7 - 10

- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima 35%
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 30 %
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem adição de filler), mínimo 50%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo..... 0,8

3.14.1.3. Características da argamassa betuminosa

Os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores a seguir indicados:

- Número de pancadas em cada extremo do provete 50
- Força de rotura, mínima 6000 N
- Deformação, máxima 5 mm
- Valor de VMA (percentagem de Vazios na Mistura de Agregados), mínimo 15%
- Porosidade (*) 3 – 6%

(*) Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041) para a percentagem óptima de betume da mistura em estudo.

3.14.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADA DE DESGASTE

3.14.2.1. Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. *Betumes Puros (Destilação Directa)*.

3.14.2.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*. Para além disso, deverão obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o fuso granulométrico definido anteriormente em 3.14.1.2. *Mistura de agregados*.

- A curva granulométrica dentro dos limites especificados apresentará, ainda, uma forma regular.
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles (Granulometria B), máxima..... 20% a)
- Índices de lamelação e de alongamento, máximos 25%
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem adição de filer), mínimo 50%
- Valor do azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm, máximo0,8
- Absorção de água para cada uma das fracções granulométricas componentes, máxima 2%

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

a) 30% em granitos

3.15.2.3. Características da argamassa betuminosa

Os resultados dos ensaios sobre a mistura betuminosa, conduzidos pelo método Marshall, devem estar de acordo com os valores a seguir indicados:

- Número de pancadas em cada extremo do provete.....50
- Força de rotura, mínima..... 6000 N
- Deformação, máxima.....5 mm
- Valor de VMA (percentagem de Vazios na Mistura de Agregados), mínimo..... 15%
- Porosidade (*) 5 - 7%
- Resistência conservada, mínima 75%
- A mistura, depois de aplicada, deverá ter uma baridade que se encontra especificada nos processos construtivos.

(*) Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D 2041) para a percentagem óptima de betume da mistura em estudo.

3.14.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.14.3.1. Apresentação do estudo

Os estudos a apresentar pelo Adjudicatário, pelo menos 30 dias antes do início previsível dos trabalhos em obra, deverão incluir todos os boletins de ensaios mencionados em 3.8.1. *Estudo da composição* e as características das misturas deverão cumprir as especificações referidas em 3.11.1. Características das misturas betuminosas densas.

3.14.3.2. Particularidades do processo construtivo

A espessura da camada em argamassa betuminosa não deverá ser superior a 3 cm.

Além de se cumprirem os preceitos gerais aplicáveis, deve observar-se os seguintes pontos:

- Não deverá permitir-se a circulação de veículos automóveis e em particular de velocípedes sobre a mistura compactada antes que a temperatura baixe dos 50 °C, devendo o Adjudicatário tomar medidas de precaução com vista a evitar tais ocorrências;
- Deverá mesmo evitar-se a circulação de peões sobre a mistura enquanto a sua temperatura se mantiver superior a 80 °C;
- No caso de surgirem esporadicamente na mistura espalhada, inertes com dimensão superior a 10 mm ou elementos estranhos acidentais, deverão estes ser pronta e manualmente removidos (antes da compactação), procedendo-se de imediato às necessárias correcções com o auxílio de rodos apropriados.

3.15. TRATAMENTO DE PAVIMENTOS BETUMINOSOS FISSURADOS COM VISTA AO SEU REFORÇO

Este sub-capítulo refere-se ao tratamento superficial de camadas de desgaste com *Slurry Seal*.

3.15.1. SLURRY SEAL SIMPLES

3.15.1.1. Ligante

O ligante a utilizar na mistura será uma emulsão betuminosa especialmente formulada, tendo em atenção os agregados a utilizar.

3.15.1.2. Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do Slurry Seal deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6, respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
6,3 mm (1/4")	100
4,75 mm (nº 4)	85 - 95
2,36 mm (nº 8)	65 - 90
1,18 mm (nº 16)	45 - 70
0,600 mm (nº 30)	30 - 50
0,300 mm (nº 50)	18 - 35
0,180 mm (nº 80)	10 - 20
0,075 mm (nº 200)	7 - 15

- A curva granulométrica, dentro dos limites especificados, apresentará ainda uma forma regular.
- Percentagem de material britado (3.1.6.) 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, (Granulometria B), máxima 20%a)

- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem adição de filer), mínimo 60%
- Equivalente de areia da mistura de agregados (com adição de filer), mínimo 40%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo0,8

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

a) 30% em granitos

3.15.1.3. Características da mistura

A composição da mistura para o fabrico do Slurry Seal em colmatação de fissuras deverá ser tal que garanta uma resistência ao desgaste superior àquela que, medida pelo ensaio abrasivo com roda molhada (*Wet Track Abrasive Testing* - WTAT), conduza a uma perda máxima de 800 g/m². Independentemente desta condição a percentagem ponderal de ligante residual não poderá ser inferior a 7%. A taxa média da mistura por camada deve estar compreendida entre 8 e 11 kg/m² e a percentagem de água em relação ao agregado entre 10 e 15%. A mistura deverá apresentar uma profundidade mínima de textura superficial de 0,7 mm (ensaio para determinação da altura de areia).

Nos casos em que as misturas sejam aplicadas em estradas em serviço, em que se imponha uma abertura rápida ao tráfego, a sua composição será tal que proporcione os seguintes resultados no ensaio de torção:

- Coesão agregado/ligante aos 30 min superior a 12 kgf/cm²;
- Resistência à torção aos 60 min superior a 20 kgf/cm².

3.15.2. SLURRY SEAL DUPLO

3.16.2.1. 1ª Aplicação

Ligante

O ligante a utilizar na mistura será uma emulsão betuminosa especialmente formulada que obedeça às características especificadas em 3.1.9.3. Emulsões betuminosas catiónicas, tendo em atenção os agregados a utilizar.

Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do Slurry Seal deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6., respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
4,75 mm (nº4)	100
2,36 mm (nº 8)	85-95
1,18 mm (nº 16)	60-85
0,600 mm (nº 30)	40-60
0,300 mm (nº 50)	25-45
0,180 mm (nº 80)	18-30
0,075 mm (nº 200)	12-20

- A curva granulométrica, dentro dos limites especificados, apresentará ainda uma forma regular.
- Percentagem de material britado (ver 3.1.6.) 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, (Granulometria B), máxima 20% a)
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo..... 0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem adição de filer), mínimo 60%
- Equivalente de areia da mistura de agregados (com adição de filer), mínimo..... 40%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo..... 0,8

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

a) 30% em granitos

Características da mistura

A composição da mistura para o fabrico do Slurry Seal em colmatação de fissuras deverá ser tal que garanta uma resistência ao desgaste superior aquela que, medida pelo ensaio abrasivo com roda molhada (Wet Track Abrasive Testing - WTAT), conduza a uma perda máxima de 800 g/m². Independentemente desta condição a percentagem ponderal de ligante residual não poderá ser inferior a 8%. A taxa média da mistura por camada deve estar compreendida entre 5 e 8 kg/m² e a percentagem de água em relação ao agregado entre 10 e 20%. A mistura deverá apresentar uma profundidade mínima de textura superficial de 0,5 mm (ensaio para determinação da altura de areia).

Nos casos em que as misturas sejam aplicadas em estradas em serviço, em que se imponha uma abertura rápida ao tráfego, a sua composição será tal que proporcione os seguintes resultados no ensaio de torsão:

- Coesão agregado/ligante aos 30 min superior a 12 kgf/cm²;
- Resistência à torsão aos 60 min superior a 20 kgf/cm².

3.15.2.2. 2ª Aplicação

As características do ligante, agregados e mistura deverão cumprir o estabelecido anteriormente em 3.15.1. *Slurry Seal* Simples.

3.15.2. PROCESSO CONSTRUTIVO PARA COLMATAÇÃO DE FISSURAS COM SLURRY SEAL

Os processos de fabrico e de aplicação obedecem ao estipulado em 3.8. *Disposições gerais para o estudo, fabrico, transporte e aplicação de misturas betuminosas a quente.*

3.15.2.1. Limpeza e preparação da superfície a tratar

A superfície a tratar deve apresentar-se isenta de sujidade, detritos e poeiras.

Deverá proceder-se a uma prévia reparação de áreas restritas onde, eventualmente, o pavimento fissurado se apresente instável e/ou em franca desagregação.

Quando, em áreas de grande extensão com fissuração do tipo "pele de crocodilo", com abertura de fissuras superiores a 5 mm, deverá optar-se por uma operação de fresagem generalizada e sequente substituição de todo o material fortemente fissurado.

3.15.2.2. Fabrico, transporte, aplicação e cura do Slurry Seal

Devera ser cumprido o especificado em 3.18. *Camada de desgaste em microaglomerado betuminoso a frio.*

3.15.2.3. Geotêxtil como base para interface retardadora da propagação de fissuras

O geotêxtil será aplicado após a execução do Slurry Seal para colmatação de fissuras a fim de constituir, depois de impregnado com betume, uma interface retardadora do processo de propagação daquelas, tendo-se em atenção o seguinte:

- Deverão ser previamente corrigidas todas as depressões significativas e demais irregularidades de modo a que o pavimento a tratar ofereça uma superfície desempenada para assentamento do geotêxtil;
- As correcções do pavimento que vierem a ser julgadas necessárias deverão, em princípio, ser realizadas mediante aplicação de betão betuminoso de regularização, antecedida de rega de colagem com emulsão catiónica de rotura rápida à taxa de 0,4 kg/m²;
- Sobre a superfície assim preparada, far-se-á uma rega de colagem e impregnação com a emulsão catiónica para o efeito com as características especificadas em 3.1.9.3., à taxa de betume residual de 1,2 kg/m², após conveniente limpeza da superfície em tratamento;

Será então imediatamente aplicado o geotêxtil, devendo garantir-se que:

- As peças serão aplicadas sem sobreposição e não poderão apresentar vincos ou pregas;
- Nas curvas, deverá proceder-se ao prévio corte do geotêxtil em secções de geometria conveniente, que serão justapostas sobre a rega de impregnação;

- A eliminação de potenciais pregas e ajustamento do geotêxtil deverão ser concluídas antes da rotura da emulsão utilizada. O Adjudicatário deve tomar todas as medidas para que o geotêxtil já aplicado não se desloque com o vento ou mediante outras acções acidentais, podendo recorrer, designadamente, a uma pregagem com pregos metálicos dotados de cabeça "chata" e dimensões adequadas;
- Concluída a operação antecedente, o geotêxtil deve apresentar-se homogeneamente impregnado de ligante e colado ao pavimento na sua totalidade;
- Não haverá circulação sobre o geotêxtil aplicado, devendo, inclusivamente, proceder-se a ligeiro ensaibramento com a mistura betuminosa de recobrimento, na zona de circulação dos camiões abastecedores da respectiva pavimentadora;
- Concluída a aplicação do geotêxtil, deverá proceder-se de imediato ao espalhamento e compactação da mistura betuminosa de recobrimento.

A Fiscalização deverá tomar em obra as providências necessárias para que a camada de recobrimento do geotêxtil não seja irremediavelmente afectada por um tempo excessivamente prolongado de exposição ao tráfego, promovendo junto do Adjudicatário acções de planeamento tendentes a minimizar o desfasamento entre aquela situação e a conclusão da estrutura de reforço projectada.

3.15.2.4. Limitações ao tratamento especificado

Salvo estudo específico constante do Projecto de Execução, não deverá ser implementada a metodologia exposta no presente artigo nos casos em que a espessura global das camadas de reforço estrutural em misturas betuminosas seja inferior a 10 cm. Quando tal suceda, deverá recorrer-se à fresagem generalizada de todas as áreas significativamente fissuradas, a menos que o projecto de pavimentação não contemple qualquer tratamento prévio precavendo a propagação de fissuras através das camadas de reforço.

3.16. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS BETUMINOSOS

Os valores mencionados para os materiais são dados a título indicativo, correspondentes a camadas de desgaste com superfície homogénea, textura lisa e sem exsudação de betume, sujeitos a um tráfego pesado considerado fraco. São também aplicáveis para revestimentos superficiais em bermas.

Antes do início do processo de fabrico e durante o período de execução dos trabalhos, é obrigatório o armazenamento dos materiais necessários à produção de 15 dias.

Os agregados deverão ser arrumados em estaleiro, de modo a que não possam misturar-se as fracções granulométricas distintas. A sua recolha deverá ser feita por desmonte frontal e, no caso dos agregados terem sido depositados sobre o terreno natural, não será permitida de modo algum a utilização dos 15 cm inferiores.

As camas dos stocks deverão ser previamente aprovados pela Fiscalização e ter uma pendente de forma a evitar acumulação de água.

A utilização de agregados provenientes de britagem com Gravitador/Moínho de Impacto, é susceptível de dificultar a fixação dos agregados, pelo que a sua utilização deve ser encarada com cuidado.

O volume mínimo de armazenamento do(s) ligante(s) betuminoso(s) a utilizar deverá ser o correspondente a um dia de produção.

Deverão efectuar-se os correspondentes controlos de procedência e recepção de materiais, assim como os de execução do revestimento superficial.

As taxas de ligante betuminoso e agregado serão comprovadas através de pesagem de bandejas ou chapas metálicas, colocadas sobre a superfície do pavimento, durante o espalhamento do agregado ou do ligante em pelo menos cinco pontos distintos. A Fiscalização poderá exigir a comprovação das taxas aplicadas por outros meios.

Noutros pontos deverão ser efectuados ensaios tendentes a avaliar a textura superficial do trabalho executado.

3.16.1. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS SIMPLES

3.16.1.1. Características do ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado *em 3.1.9.1. e 3.1.9.3.* para emulsões betuminosas clássicas e emulsões betuminosas modificadas para revestimentos superficiais.

A taxa de ligante residual, consoante o tipo de ligante e a fracção utilizada, será a indicada no quadro 22.

Quadro 22 – Taxa de ligante residual para os revestimentos residuais simples

Fracção	Betume puro	Emulsão betuminosa
4/6	1,0 kg/m ²	0,9 kg/m ²
6/10	1,3 kg/m ²	1,2 kg/m ²
10/14	1,6 kg/m ²	1,5 kg/m ²

3.16.1.2. Características dos agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em *3.1.6. Agregados para misturas betuminosas.*

Para os revestimentos superficiais aplicados como camadas de desgaste em faixas de rodagem e bermas, são definidas, para os agregados, as seguintes prescrições:

- Granulometria com as dimensões nominais indicadas em *3.1.6.* As percentagens passando nos peneiros n^{os} 20 e 200 ASTM, não serão superiores, respectivamente, a 1 e a 0,5%.
- Percentagem de material britado (ver *3.1.6.*) 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles na faixa de rodagem (Granulometria B), máxima 20% a)
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles nas bermas (Granulometria B), máxima 25% b)
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo 0,50
- Índices de lamelação e alongamento, máximos 25%
- Adesividade agregado/betume puro, mínima Boa

- A taxa de aplicação de agregados, consoante a fracção utilizada, será de:
 - 4/6 6 a 7 l/m²
 - 6/10 8 a 9 l/m²
 - 10/14 11 a 13 l/m²

a) 30% em granitos

b) 35% em granitos

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

3.16.1.3. Processo construtivo

Apresentação do estudo

O Adjudicatário deverá submeter previamente à aprovação da Fiscalização o estudo que deverá conter:

- A composição granulométrica de cada fracção de agregado utilizado;
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, para a granulometria B, relativamente aos agregados (devem apresentar-se ensaios por cada fonte de abastecimento);
- Caracterização do ligante betuminoso a utilizar no revestimento;
- A taxa de aplicação de cada operação de espalhamento do ligante betuminoso ou respectivo valor de betume residual (kg/m²), e de cada fracção de agregado (l/m²);
- A listagem do equipamento a utilizar no processo construtivo;

A aplicação em obra do revestimento superficial, será condicionada, não só à aprovação do estudo de composição, mas também a uma ratificação pela Fiscalização das condições de transposição daquele estudo para o processo de aplicação, o que normalmente exige o ajustamento das dosagens de ligante.

Transposição do estudo laboratorial

No trecho experimental deve ter-se em conta, para o ajustamento das taxas de aplicação de agregados e de ligante, os seguintes factores que caracterizem a obra e as suas condições de utilização:

- Importância da via;
- Características e condições climáticas da região e durante a fase de execução;
- Estado do suporte, nomeadamente no que se refere à sua regularidade, dureza e permeabilidade.

Para atender a estes factores pode ter-se em conta as recomendações expressas no Guia Técnico – Enduits Superficiels d’Usure de Maio de 1995, LCPC/SETRA.

Uma vez estudada a composição, e afinado o equipamento de aplicação, deverá realizar-se na presença da Fiscalização, um trecho experimental, que comprove ou não a viabilidade do equipamento e método de execução, bem como a verificação das taxas de aplicação dos materiais.

Preparação da superfície subjacente

Dever-se-á comprovar a regularidade e o estado da superfície a tratar. O espalhamento do aglutinante betuminoso não poderá ser feito antes da cura da rega de impregnação betuminosa, caso esta exista, devendo a superfície de aplicação encontrar-se seca.

Imediatamente antes de se proceder ao início dos trabalhos, dever-se-á limpar a superfície a revestir, de modo a que esta se apresente livre de material solto, sujidades, detritos e poeiras, que devem ser retirados do pavimento para local de onde não possam voltar a depositar-se sobre a superfície a revestir. A última operação de limpeza a realizar, consistirá na utilização de jactos de ar comprimido, para remover elementos finos eventualmente retidos naquela superfície.

Execução do revestimento superficial betuminoso

Para a limpeza dever-se-ão utilizar vassouras mecânicas equipadas ou não com dispositivos de aspiração, embora estes sejam recomendáveis em zonas urbanas. Nos lugares inacessíveis a meios mecânicos poder-se-ão utilizar meios de limpeza manuais.

O espalhamento do ligante betuminoso efectuar-se-á utilizando uma cisterna de rega auto-propulsionável que deverá ser capaz de aplicar a dosagem de ligante prevista, à temperatura desejada, com a adequada uniformidade transversal e longitudinal.

A cisterna de rega deverá estar equipada, pelo menos, com os seguintes elementos:

- Barra de espalhamento com pulverizadores, sendo a largura mínima de quatro metros (4 m). Os pulverizadores deverão estar equidistantes entre si, devendo a separação entre eles estar compreendida entre oito e vinte centímetros (8-20 cm). Preferencialmente a abertura e fecho dos pulverizadores deverá ser automática e simultânea, permitindo também alterar a largura da rampa de espalhamento sem necessidade de paragem.
- A cisterna deverá possuir dispositivos que permitam a recirculação do ligante betuminoso.
- A cisterna deverá estar isolada termicamente e dotada de um dispositivo de aquecimento do ligante, assim como de um termómetro de controlo da temperatura do mesmo, cuja sonda não poderá estar situada próximo do elemento de aquecimento.
- A bomba de impulsão do ligante deverá estar equipada com um filtro, uma válvula de segurança e um indicador de pressão.
- O camião deverá estar equipado com um velocímetro mecânico ou electrónico de precisão, directamente visível pelo condutor, que permita controlar a velocidade do camião com um intervalo de zero a quinhentos metros por minuto (0 - 500 m/min).

Preferencialmente todos os mecanismos deverão ser automáticos, e em particular são recomendáveis as cisternas dotadas de um sistema automático de ajuste do caudal proporcionado pela bomba do ligante, à taxa de aplicação, largura da aplicação e velocidade do camião.

Para pontos inacessíveis a este equipamento e para correcção de pequenas deficiências poder-se-á utilizar um equipamento portátil equipado com lança de mão.

Para o espalhamento dos agregados dever-se-ão utilizar auto-gravilhadores mecânicos ou acoplados ao camião, que assegurem uma adequada e homogénea distribuição do agregado, quer transversal quer longitudinalmente. Somente em pontos particulares ou em locais inacessíveis a este tipo de equipamento será permitido espalhar o agregado manualmente.

Particularidades do processo construtivo

Antes de começar a aplicação, dever-se-á verificar o correcto funcionamento de todos os pulverizadores da cisterna, se o ângulo de inclinação e a altura sobre o pavimento são os adequados e que não existam obstruções, fugas ou outros.

O espalhamento far-se-á com a dosagem prevista no projecto de maneira uniforme, não devendo variar longitudinalmente mais do que 15%, e na largura efectiva mais do que 10%, e evitando a duplicação da dosagem nas juntas transversais.

A área do trecho regado, deverá corresponder no máximo à superfície que o(s) gravilhador(es) seja capaz de cobrir com uma só carga.

Deverão proteger-se, para evitar sujá-los, os elementos construtivos ou acessórios que possam estar sujeitos a esse facto.

O espalhamento do agregado deverá ser realizado de maneira uniforme, com vista a obter uma superfície regular, sem falhas e sem sobreposição dos elementos do agregado, nas dosagens previstas no projecto. Dever-se-á evitar o contacto das rodas do camião de espalhamento com o ligante porventura não coberto.

Quando o revestimento se realizar por faixas, o agregado espalhar-se-á de modo a que fique sem cobrir essa faixa em aproximadamente vinte centímetros (20 cm) da faixa regada junto à que está por regar, de forma a permitir uma ligeira sobreposição ao aplicar o ligante nesta última.

Quando a largura de espalhamento do ligante betuminoso for superior ao máximo do gravilhador, deverão utilizar-se dois gravilhadores em paralelo, com um desfasamento máximo de vinte metros (20 m) entre eles.

Imediatamente após o espalhamento do agregado, deve-se proceder a uma rápida inspecção para detectar eventuais falhas ou possíveis excessos de agregado, e em cada caso repor ou eliminá-lo com vassoura manual.

Compactação

Na compactação do revestimento superficial previsto, dever-se-ão utilizar preferencialmente compactadores de pneus, equipados com dispositivos de limpeza dos pneus durante a compactação e de inversores de sentido de marcha de acção suave. A pressão de enchimento dos pneus será no mínimo de cinco quilogramas por centímetro quadrado (5 kg/cm²). A carga por roda deverá ser igual ou superior a 1,5 toneladas.

Poder-se-ão utilizar compactadores de rasto liso, unicamente como compactadores auxiliares para a primeira operação de espalhamento de agregado, e com prévia autorização da Fiscalização, devendo ser suficientemente ligeiros para garantir que não se produza o esmagamento do agregado. Deverão igualmente possuir dispositivos de limpeza dos rolos e inversores de sentido de marcha de acção suave.

Em lugares inacessíveis para os compactadores normais, poder-se-ão utilizar meios mecânicos ou outros aprovados pela Fiscalização, os quais deverão procurar atingir resultados similares aos obtidos pelos meios normais.

O número de compactadores deverá ser o suficiente para efectuar o cilindramento de forma contínua, sem interrupções nem atrasos.

Imediatamente após o espalhamento da última camada de agregado (e neste caso a única), dever-se-á proceder à compactação do revestimento. Far-se-á no sentido longitudinal, progredindo até ao centro e sobrepondo cada passagem com a anterior até obter uma superfície lisa e estável, devendo no entanto cessar logo que se note algum esmagamento do agregado, em princípio dever-se-á adoptar um mínimo de três (3) passagens do compactador.

A velocidade não deverá em princípio ser superior a seis a oito quilómetros por hora (6 - 8 km/h) nas primeiras passagens (2 a 3), podendo aumentar até quinze a vinte quilómetros por hora (15-20 km/h) nas restantes. No caso dos cilindros de rasto liso o peso não deverá ser superior a oito toneladas (8 ton.), e a velocidade não superior a quatro quilómetros por hora (4 km/h).

Dever-se-á manter a compactação com pneus todo o tempo que for possível antes da abertura ao tráfego.

Juntas de trabalho

Deve haver o máximo cuidado na execução das juntas de ligação do espalhamento, de modo a não haver falha nem sobreposição que alterem a dosagem prevista.

Para tal nas juntas transversais de trabalho, colocar-se-ão tiras de papel ou outro material por baixo dos pulverizadores nas zonas onde se inicie ou interrompa o revestimento.

Sempre que o revestimento se realize por faixas, procurar-se-á uma ligeira sobreposição do ligante na união das duas faixas contíguas.

Eliminação do agregado solto e abertura ao tráfego

Uma vez terminada a compactação, dever-se-á esperar um tempo mínimo de vinte e quatro horas (24 h), sem que circule tráfego sobre o troço executado. Não sendo possível dever-se-á limitar a velocidade de circulação a quarenta quilómetros por hora (40 km/h), devidamente sinalizado com perigo de projecção de gravilhas.

Dever-se-á evitar que a abertura ao tráfego de alguns trechos, implique a paragem dos veículos sobre o revestimento executado nesse mesmo dia.

Após o referido prazo, que poderá ser alargado caso a Fiscalização o entenda como necessário para um melhor encastramento das gravilhas, em que o ligante deverá adquirir a coesão necessária para permitir a circulação normal, deverá eliminar-se com a vassoura mecânica o agregado em excesso na superfície por forma a evitar a sua projecção contra os veículos que circulam na estrada.

Terminada esta operação abrir-se-á o troço à circulação normal ainda que mantendo a sinalização de perigo por projecção de gravilhas.

Num prazo de quinze (15) dias a partir da abertura à circulação normal, e salvo indicação em contrário da Fiscalização, deverá efectuar-se uma limpeza definitiva com vassoura mecânica e retirar-se-á a sinalização da obra.

Limitações à execução

Não se poderá dar início aos trabalhos sem que todos os diferentes equipamentos, estejam devidamente posicionados e preparados para tal.

O revestimento superficial poderá realizar-se quando a temperatura ambiente for superior a 10°C, e não exista o risco de precipitação atmosférica, devendo ser imediatamente interrompido sempre que tal ocorra. No caso de se utilizar emulsões betuminosas, esta temperatura mínima poderá ser reduzida quando se utilizam sistemas de controlo de rotura da emulsão, sujeito naturalmente à aprovação por parte da Fiscalização.

No caso em que se utilize um betume puro 160/220 a temperatura de espalhamento do aglutinante deverá estar compreendida entre 150 e 180°C.

O espalhamento do agregado deve ter início antes de decorridos cinco minutos desde a aplicação do ligante betuminoso, devendo preferencialmente ser efectuado imediatamente a seguir ao do ligante, de forma sincronizada evitando grandes distanciamentos.

A compactação deverá terminar antes de decorridos vinte minutos após o momento em que se realizou o espalhamento do agregado, ou trinta minutos no caso do ligante ser uma emulsão betuminosa.

Controlo de qualidade

O controlo de qualidade será realizado de acordo com o tipo e frequência de ensaios especificados em 3.22. *Controlo da qualidade.*

3.16.2. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS DUPLOS

3.16.2.1. Características dos ligantes e agregados na 1ª aplicação

Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. e 3.1.9.3. para emulsões betuminosas clássicas e emulsões betuminosas modificadas para revestimentos superficiais.

A taxa de ligante residual, consoante o tipo de ligante e a fracção utilizada, será a indicada no quadro 23.

Quadro 23 – Taxa de ligante residual para os revestimentos superficiais duplos na 1ª aplicação

Fracção	Betume puro	Emulsão betuminosa
6/10	0,9 kg/m ²	0,7 kg/m ²
10/14	0,9 kg/m ²	0,7 kg/m ²

Agregados

Os agregados deverão obedecer às especificações mencionadas em 3.16.1.2.

A taxa de aplicação de agregados, consoante a fracção utilizada, será de:

- 6/10 7 a 8 l/m²
- 10/14 10 a 11 l/m²

3.16.2.2. Características do ligante e agregados na 2ª aplicação

Ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. e 3.1.9.3. para emulsões betuminosas clássicas e emulsões betuminosas modificadas para revestimentos superficiais.

A taxa de ligante residual, consoante o tipo de ligante e a fracção utilizada, será a indicada no quadro 24.

Quadro 24 – Taxa de ligante residual para os revestimentos superficiais duplos na 2ª aplicação

Fracção	Betume puro	Emulsão betuminosa
2/4	0,9 kg/m ²	0,9 kg/m ²
4/6	1,0 kg/m ²	1,0 kg/m ²

Agregados

Os agregados deverão obedecer às especificações mencionadas em 3.16.1.2.

A taxa de aplicação de agregados, consoante a fracção utilizada, será de:

- 2/4 4 a 5 l/m²
- 4/6 6 a 7 l/m²

3.16.2.3. Processo construtivo

As operações de execução do revestimento superficial duplo, devem desenvolver-se nos moldes estipulados em, 3.17.1.3. *Processo construtivos*, para os revestimentos superficiais simples, com os ajustamentos descritos de seguida.

As operações de espalhamento das duas camadas de agregado, serão efectuadas de forma idêntica nas taxas previstas.

A segunda operação de espalhamento do ligante betuminoso, será executada à temperatura e taxa prevista, da mesma forma que a primeira, imediatamente após o espalhamento e cilindramento da primeira camada de agregado.

O cilindramento da primeira camada de agregado, deve efectuar-se imediatamente após o seu espalhamento. O número de passagens do compactador em cada ponto deve em princípio restringir-se a três.

Num revestimento superficial duplo, as juntas de trabalho transversais relativas a cada fase não devem coincidir.

Nas juntas longitudinais em que se verifica a sobreposição, dever-se-á executar de modo a que não coincidam a primeira com a segunda operação de espalhamento.

Em circunstância alguma se deve abrir ao tráfego a primeira camada de revestimento, o que impõe a necessidade de se realizar diariamente as duas fases daquele tratamento, exceptuando-se apenas a faixa com cerca de um metro (1 m), correspondente ao desfasamento da junta transversal.

3.16.3. REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS SIMPLES COM DUAS APLICAÇÕES DE AGREGADOS – REVESTIMENTOS SUPERFICIAIS DESCONTÍNUOS

3.16.3.1. Características do ligante

O ligante betuminoso deve satisfazer o mencionado em 3.1.9.1. e 3.1.9.3. para emulsões betuminosas clássicas e emulsões betuminosas modificadas para revestimentos superficiais.

A taxa de ligante residual, consoante o tipo de ligante e a fracção utilizada, será a indicada no quadro 25.

Quadro 25 – Taxa de ligante residual para os revestimentos superficiais simples com duas aplicações de agregados

Fracção	Betume puro	Emulsão betuminosa
6/10 - 2/4	1,3 kg/m ²	1,2 kg/m ²
10/14 - 4/6	1,6 kg/m ²	1,5 kg/m ²

3.16.3.2. Características dos Agregados

Os agregados deverão obedecer às especificações mencionadas em 3.16.1.2.

A taxa de aplicação de agregados, consoante a fracção utilizada, será a indicada no quadro 26.

Quadro 26 – Taxa de aplicação de agregados

Solução	Aplicação prévia	Aplicação seguinte
6/10 - 2/4	6/10 - 6 a 7 l/m ²	2/4 - 3 a 4 l/m ²
10/14 - 4/6	10/14 - 8 a 9 l/m ²	4/6 - 4 a 5 l/m ²

3.16.3.3. Processo construtivo

As operações de execução do revestimento superficial simples com duas camadas de agregado, consistem na aplicação de uma primeira camada de agregado seguida de rega com o ligante, sobre o qual é aplicada uma segunda camada de agregados. Estas operações devem desenvolver-se nos moldes estipulados em 3.17.1.3. *Processo construtivos* para os Revestimentos superficiais simples, com os ajustamentos descritos de seguida.

As operações de espalhamento das duas camadas de agregado, serão efectuadas de forma idêntica nas taxas previstas.

Após o espalhamento da primeira camada de agregado, deverá proceder-se ao seu cilindrado. O número de passagens do compactador em cada ponto deve em princípio restringir-se a três.

3.17. CAMADA DE DESGASTE EM MICROAGLOMERADO BETUMINOSO A FRIO

Este sub-capítulo refere-se à execução de camadas de desgaste com microaglomerado betuminoso a frio.

3.17.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA MICROAGLOMERADO BETUMINOSO A FRIO SIMPLES

Antes do início do processo de fabrico e durante o período de execução dos trabalhos, é obrigatório o armazenamento permanente em estaleiro, por fracções granulométricas, dos agregados necessários à produção de 15 dias.

O volume mínimo de armazenamento do ligante betuminoso a utilizar deverá ser o correspondente a um dia de produção.

Os agregados deverão ser armazenados em obra, devendo o volume mínimo no início da obra ser de 30% do total previsto. Em caso do armazenamento se efectuar sobre o terreno natural, não se poderão utilizar os quinze centímetros (15 cm) inferiores.

3.17.1.1. Características do Ligante

O ligante a utilizar nesta mistura deverá incorporar polímeros adequados de acordo com o indicado em 3.1.9.3. *Emulsoes betuminosas catiónicas*, para microaglomerado betuminoso a frio.

3.17.1.2. Características da mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do microaglomerado betuminoso a frio simples deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6, respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
6,3 mm (1/4")	100
4,75 mm (nº 4)	85 - 95
2,36 mm (nº 8)	65 - 90
1,18 mm (nº 16)	45 - 70
0,600 mm (nº 30)	30 - 50
0,300 mm (nº 50)	18 - 35
0,180 mm (nº 80)	10 - 20
0,075 mm (nº 200)	7 - 15

- A curva granulométrica, dentro dos limites especificados, apresentará ainda uma forma regular.
- Percentagem de material britado (ver 3.1.6.)..... 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, (Granulometria B), máxima..... 20% a)

- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo..... 0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem a adição de filer), mínimo 60%
- Equivalente de areia da mistura de agregados (com adição de filer), mínimo..... 40%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo..... 0,8

a) 30% em granitos

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

3.17.1.3. Características da mistura

A composição da mistura para o fabrico do microaglomerado betuminoso a frio, com vista a constituir camada de desgaste, deverá ser tal que garanta uma resistência ao desgaste superior aquela que, medida pelo ensaio abrasivo com roda molhada (*Wet Track Abrasive Testing - WTAT*), conduza a uma perda máxima de 600 g/m². Independentemente desta condição, a percentagem ponderal de ligante residual não poderá ser inferior a 7%. A taxa média de mistura por camada deve estar compreendida entre 8 e 11 kg/m² e a percentagem de água em relação ao agregado entre 10 e 15%. A mistura deverá apresentar uma profundidade mínima de textura superficial de 0,7 mm (ensaio para determinação da altura de areia).

Nos casos em que as misturas sejam aplicadas em estradas em serviço, em que se imponha uma abertura rápida ao tráfego, a sua composição será tal que proporcione os seguintes resultados no ensaio de torção:

- Coesão agregado/ligante aos 30 min superior a 12 kgf/cm²;
- Resistência à torção aos 60 min superior a 20 kgf/cm².

3.17.2. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA MICROAGLOMERADO BETUMINOSO A FRIO DUPLO

3.17.2.1. Características dos materiais para a 1ª aplicação

Ligante

O ligante a utilizar nesta mistura deverá incorporar polímeros adequados de acordo com o indicado em 3.1.9.3. *Emulsões Betuminosas catiónicas*.

Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A mistura de agregados para o fabrico do microaglomerado betuminoso a frio deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6, respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
4,75 mm (nº4)	100
2,36 mm (nº 8)	85 - 95
1,18 mm (nº 16)	60 - 85
0,600 mm (nº 30)	40 - 60
0,300 mm (nº 50)	25 - 45
0,180 mm (nº 80)	18 - 30
0,075 mm (nº 200)	12 - 20

- A curva granulométrica, dentro dos limites especificados, apresentará ainda uma forma regular.
- Percentagem de material britado (ver 3.1.6.) 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, (Granulometria B), máxima..... 20% a)
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem adição de filer), mínimo 60%
- Equivalente de areia da mistura de agregados (com adição de filer), mínimo 40%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo0,8

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

a) 30% em granitos

Características da mistura

A composição da mistura para o fabrico do microaglomerado betuminoso a frio duplo, com vista a constituir camada de desgaste, deverá ser tal que garanta uma resistência ao desgaste superior aquela que, medida pelo ensaio abrasivo com roda molhada (*Wet Track Abrasive Testing* - WTAT), conduza a uma perda máxima de 600 g/m². Independentemente desta condição, a percentagem ponderal de ligante residual não poderá ser inferior a 8%. A taxa média da mistura por camada deve estar compreendida entre 5 e 8 kg/m² e a percentagem de água em relação ao agregado entre 10 e 20%. A mistura deverá apresentar uma profundidade mínima de textura superficial de 0,5 mm (ensaio para determinação da altura de areia).

Nos casos em que as misturas sejam aplicadas em estradas em serviço, em que se imponha uma abertura rápida ao tráfego, a sua composição será tal que proporcione os seguintes resultados no ensaio de torção:

- Coesão agregado/ligante aos 30 min superior a 12 kgf/cm²;
- Resistência à torção aos 60 min superior a 20 kgf/cm².

3.17.2.2. Características dos materiais para a 2ª aplicação

Ligante

O ligante a utilizar nesta mistura deverá incorporar polímeros adequados de acordo com o indicado em 3.1.8.3. Emulsões betuminosas catiónicas para emulsões modificadas.

Mistura de agregados

Os agregados devem satisfazer o mencionado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas.*

A mistura de agregados para o fabrico do microaglomerado betuminoso a frio deverá obedecer às seguintes prescrições:

- A sua composição granulométrica, obtida a partir das fracções indicadas em 3.1.6, respeitará obrigatoriamente o seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
9,5 mm (3,8")	100
6,3 mm (1/4")	80 - 95
4,75 mm (nº4)	70 - 90
2,36 mm (nº 8)	45 - 70
1,18 mm (nº 16)	28 - 50
0,600 mm (nº 30)	18 - 33
0,300 mm (nº 50)	12 - 25
0,180 mm (nº 80)	6 - 18
0,075 mm (nº 200)	5 - 10

- A curva granulométrica, dentro dos limites especificados, apresentará ainda uma forma regular.
- Percentagem de material britado (3.1.6) 100%
- Perda por desgaste na máquina de Los Angeles, (Granulometria B), máxima 20% a)
- Índices de alongamento e de lamelação, máximos 25%
- Coeficiente de polimento acelerado, mínimo..... 0,50
- Equivalente de areia da mistura de agregados (sem adição de filer), mínimo 60%
- Equivalente de areia da mistura de agregados (com adição de filer), mínimo..... 40%
- Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 µm), máximo..... 0,8

Nota: Admite-se para a perda por desgaste na máquina de Los Angeles uma tolerância de 10% em relação ao valor especificado.

- a) 30% em granitos

Características da mistura

A composição da mistura para o fabrico do microaglomerado betuminoso a frio, com vista a constituir camada de desgaste, deverá ser tal que garanta uma resistência ao desgaste superior aquela que, medida pelo ensaio abrasivo com roda molhada (*Wet Track Abrasive Testing* - WTAT), conduza a uma perda máxima de 600 g/m². Independentemente desta condição, a percentagem ponderal de ligante residual não poderá ser inferior a 6%. A taxa média da mistura por camada deve estar compreendida entre 11 e 14 kg/m² e a percentagem de água em relação ao agregado entre 10 e 15%. A mistura deverá apresentar uma profundidade mínima de textura superficial de 0,9 mm (ensaio para determinação da altura de areia).

Nos casos em que as misturas sejam aplicadas em estradas em serviço, em que se imponha uma abertura rápida ao tráfego, a sua composição será tal que proporcione os seguintes resultados no ensaio de torção:

- Coesão agregado/ligante aos 30 min superior a 12 kgf/cm²;
- Resistência à torção aos 60 min superior a 20 kgf/cm².

3.17.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

3.17.3.1. Estudo da composição (Apresentação do estudo)

O Adjudicatário deverá submeter previamente à aprovação da Fiscalização o estudo de composição da mistura betuminosa a frio, em função dos materiais disponíveis. Não poderão ser executados quaisquer trabalhos de aplicação em obra sem que tal aprovação tenha sido, de facto, ou tacitamente dada.

O estudo a apresentar pelo Adjudicatário, relativamente à composição da mistura betuminosa a frio a aplicar em obra incluirá, obrigatoriamente, os boletins relativos aos seguintes ensaios:

- A granulometria da curva de trabalho adoptada e as percentagens das distintas fracções a utilizar na mistura quando for o caso;
- A percentagem de água de amassadura em relação ao agregado seco;
- Caracterização da emulsão betuminosa a utilizar e a percentagem de ligante residual;
- Se forem utilizados aditivos, a sua dosificação;
- O tempo de cura e o tempo necessário para permitir a abertura ao tráfego;
- A taxa de aplicação de cada operação de espalhamento da mistura betuminosa, em quilogramas por metro quadrado (kg/m²);

A percentagem da água de amassadura poderá ser ajustada durante a execução dos trabalhos;

Poder-se-á estudar (sujeito a aprovação pela Fiscalização) uma nova fórmula de trabalho durante o decorrer da obra, caso a variação dos componentes da mistura e/ou as condições ambientais o justifiquem.

3.17.3.2. Transposição do estudo laboratorial para a central móvel de fabrico da mistura betuminosa

A aplicação em obra da mistura betuminosa, será condicionada, não só à aprovação do estudo de composição, mas também a uma ratificação da Fiscalização às condições de transposição daquele estudo para a central móvel de fabrico.

3.17.3.3. Execução de trechos experimentais

Uma vez estudada a composição da mistura, e afinado o equipamento de fabrico e aplicação, deverá realizar-se na presença da Fiscalização, um trecho experimental, que comprove ou não a viabilidade do equipamento e método de execução.

Dever-se-á igualmente analisar os seguintes aspectos:

- Comportamento do material no espalhamento;
- As relações entre o conteúdo de fluidos e homogeneidade e características superficiais obtidas;
- Taxa de aplicação do material.

3.17.3.4. Preparação da superfície subjacente

Condições da superfície existente

Dever-se-á comprovar a regularidade e o estado da superfície a tratar, o que poderá implicar uma reparação prévia de áreas restritas, onde eventualmente o pavimento se apresente instável e/ou em franca desagregação.

Limpeza

Imediatamente antes de se proceder ao início dos trabalhos, dever-se-á limpar a superfície a revestir, de modo a que esta se apresente livre de material solto, sujidades, detritos e poeiras, que devem ser retirados do pavimento para local de onde não possam voltar a depositar-se sobre a superfície a revestir. A última operação de limpeza a realizar, consistirá na utilização de jactos de ar comprimido, para remover elementos finos eventualmente retidos naquela superfície.

3.17.3.5. Fabrico e espalhamento

Equipamento

Para a limpeza dever-se-ão utilizar vassouras mecânicas equipadas ou não com dispositivos de aspiração, embora seja recomendável a sua utilização em zonas urbanas. Nos lugares inacessíveis a meios mecânicos poder-se-ão utilizar meios de limpeza manuais.

O fabrico da mistura betuminosa deve ser realizado em central móvel contínua constituída por:

- Tremonha para agregados;
- Tremonha para filer comercial;
- Depósitos diferenciados para água, emulsão betuminosa e aditivo;
- Dispositivos adequados que assegurem uma correcta e sincronizada dosificação e transporte dos componentes, por separado, à misturadora;
- Misturadora, que permita um envolvimento perfeito do agregado e o seu envio para a grade de espalhamento;

A central móvel deverá ainda preferencialmente estar equipada com uma barra pulverizadora de água para que sempre que a Fiscalização o entenda, se proceda a um ligeiro humedecimento da superfície a revestir, de forma a facilitar o processo de espalhamento.

Tolerâncias no fabrico

As tolerâncias admitidas em relação à composição aprovada são as seguintes:

- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,075 mm (nº 200) 2%
- % de material que passa no peneiro ASTM de 0,180 mm (nº 80) 3%
- % de material que passa nos peneiros ASTM 0,300 mm (nº 50), 0,600 mm (nº 30) e 1,18 mm (nº 16) e 2,36 mm (n.º 8) 4%
- % de mat. que passa no peneiro ASTM de 4,75 mm (nº 4) ou de malha mais larga 5%
- Na percentagem de betume residual 0,3%

Particularidades do processo de fabrico e espalhamento

O espalhamento da mistura betuminosa realizar-se-á de forma contínua, com uma grade metálica de forma rectangular e largura variável, dotada de parafusos niveladores que permitem regular a espessura da camada aplicada.

Esta grade deverá conter uns senfins incorporados para assegurar uma homogeneização perfeita da mistura em toda a largura de trabalho. Este conjunto será rebocado pela central móvel sobre a superfície a revestir, sendo o despejo da mistura na grade feita através de um colectador de dupla saída situado no centro da mesma, à saída da misturadora, cujo desnível deverá ser regulado de forma a que não produza segregações.

Qualquer mistura betuminosa heterogénea, ou que apresente um envolvimento defeituoso dos agregados pela emulsão deverá ser liminarmente, rejeitada.

A velocidade do conjunto deverá ser tal, que permita o espalhamento em toda a largura da taxa prevista no projecto, bem como uma textura uniforme.

A menos que a Fiscalização assim o entenda dada a especificidade da obra em causa, não será necessário proceder à aplicação de qualquer rega de colagem, nem compactação da mistura aplicada, nem espalhamento de agregado fino antes da abertura ao tráfego.

A abertura ao tráfego só poderá efectuar-se após a rotura da emulsão, e desde que a mistura possua a coesão necessária para evitar qualquer deterioração da camada por efeito da acção do tráfego devendo a circulação processar-se a uma velocidade reduzida.

3.17.3.6. Juntas de trabalho

Deve haver o máximo cuidado na execução das juntas de ligação do espalhamento, de modo a não haver falha nem sobreposição que alterem a dosagem prevista.

Sempre que o espalhamento da mistura betuminosa se realize por faixas longitudinais, procurar-se-á uma ligeira sobreposição com cerca de dez centímetros (10 cm) da mesma na união das duas faixas contíguas.

Ao finalizar o espalhamento de cada faixa, dever-se-á executar uma junta transversal de trabalho, de forma que esta fique recta e perpendicular ao eixo da via.

Quando o espalhamento da mistura betuminosa se efectuar em duas camadas, dever-se-á evitar coincidir as sobreposições longitudinais e as juntas transversais de ambas as camadas.

3.17.3.7. Limitações à execução

O espalhamento da mistura betuminosa a frio poderá realizar-se quando a temperatura ambiente for superior a cinco graus centígrados (5°C), e não exista o risco de precipitação atmosférica, devendo ser imediatamente interrompido sempre que tal ocorra.

Sempre que esteja previsto no projecto a aplicação de mais de uma camada de mistura betuminosa, aplicar-se-á a última somente após se ter submetido a camada anterior à acção do tráfego pelo menos um dia, e depois de varrer algum material solto.

3.17.3.8. Controlo de qualidade

Deverão efectuar-se os correspondentes controlos de procedência e recepção de materiais, assim como os de execução.

As taxas de aplicação da mistura betuminosa a frio comprovar-se-á pelo quociente entre o peso total dos materiais correspondentes a cada carga, medido por diferença de peso do equipamento de fabrico e espalhamento antes e depois de carregado, e a superfície efectivamente revestida medida em obra. A balança deverá estar aferida.

A Fiscalização poderá solicitar a comprovação das taxas médias de aplicação da mistura por outros meios.

Em pelo menos cinco pontos distintos e a definir, deverão ser efectuados ensaios tendentes a avaliar a textura superficial do trabalho executado.

3.18. CALÇADA DE CUBOS OU PARALELEPÍEDOS

3.18.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Os cubos (11x11x11) e os paralelepípedos (23 x11x11) serão de granito com coloração uniforme.

A pedra deverá ser aparelhada a pico grosso nas faces visíveis sem apresentar cavidades, fendas ou veios. A face visível deverá ser plana e aparelhada a pico fino. As arestas deverão ser vivas e rectilíneas. As dimensões máximas na espessura da areia serão de ± 5 cm.

A camada de brita a utilizar para efeitos de drenagem deverá obedecer ao seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
50,8 mm (2")	100
38,1 mm (1,5")	80 - 100
25,4 mm (nº4)	0 - 20
9,52 mm (nº 8)	0 - 5
0,075 mm (nº 200)	5 - 10

Para além disso o agregado deve ser produto da britagem de material de formações homogéneas e ser isento de argila, material orgânico e outras substâncias nocivas.

Deve ainda respeitar as seguintes prescrições:

- Perda máxima por desgaste na máquina de Los Angeles 40%
- Índices de lamelação e alongamentos máximos 30%
- Limite de liquidez NP
- Índice de plasticidade NP

A areia para assentamento dos cubos deve ser não plástica e obedecer ao seguinte fuso granulométrico:

Abertura das malhas de peneiros ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
4,75 mm (nº4)	95 - 100
2,00 mm (nº 10)	70 - 98
0,425 mm (nº 40)	15 - 45
0,200 mm (nº 80)	5 - 15
0,075 mm (nº 200)	2 - 10

A camada de agregado britado de granulometria extensa deve satisfazer o especificado em 3.2.3. *Agregado Britado de granulometria extensa.*

A areia a utilizar no reperfilamento das juntas, que serão o mais fechadas possível, deve corresponder a um fuso granulométrico mais fino devendo 80% estar compreendido entre a dimensão correspondente à malha do peneiro nº 200 e a que corresponde à malha do peneiro nº 19. A percentagem restante deve passar no ASTM 200. Esta areia de reperfilamento de juntas deve ser misturada com cimento ao traço de 1/4 (cimento/areia). O cimento deverá cumprir o especificado em 3.1.3. *Cimentos.*

3.18.2. PROCESSO CONSTRUTIVO

Deverá ser executada uma camada de Agregado Britado de Granulometria Extensa com uma espessura definida no projecto (cerca de 20 cm). Esta camada deverá ser convenientemente compactada e nivelada através de uma régua. Far-se-á em seguida uma passagem com um vibrador/base em forma de placa. Sobre ela existirá uma camada de brita com cerca de 10cm que será objecto dos mesmos cuidados.

Os cubos devem ser assentes sobre almofada de areia com espessura definida no projecto (geralmente 5cm).

Enquanto decorre o assentamento as juntas devem ir sendo preenchidas com areia e cimento. A abertura das juntas não deverá ser superior a 10% da aresta menor, antes do recalque.

Após a execução dos trabalhos será rectificad a regularidade superficial da camada, não podendo este ter desvios superiores a 0,5 cm (0,3 cm no caso de passeios e estacionamento de ligeiros).

As inclinações transversais e longitudinais obedecerão rigorosamente às fixadas no projecto.

O assentamento deverá ser executado com as juntas desencontradas, obedecendo aos desenhos de pormenor.

Será utilizado como instrumento de adensamento para assentar adequadamente os cubos, fazendo-os penetrar na almofada de areia, um maço individual de 10kg.

3.19. CALÇADA DE EM PEDRAS DE CHÃO

3.19.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

A camada de brita a utilizar para efeitos de drenagem deverá obedecer ao seguinte fuso granulométrico definido anteriormente em 3.18.1. para a calçada de cubos ou paralelepípedos.

A camada de agregado britado de granulometria extensa deve satisfazer o especificado em 3.2.1.3. *Agregado Britado de granulometria extensa.*

A areia e o cimento a utilizar no reperfilamento das juntas deverão cumprir o especificado em 3.18.1. *Características dos materiais* para a calçada de cubos ou paralelepípedos.

3.19.2. PROCESSO CONSTRUTIVO

Deverá ser executada uma camada de Agregado Britado de Granulometria Extensa com uma espessura definida no projecto (cerca de 20 cm). Esta camada deverá ser convenientemente compactada e nivelada através de uma régua. Far-se-á em seguida uma passagem com um vibrador/base em forma de placa. Sobre ela existirá uma camada de brita com 10cm que será objecto dos mesmos cuidados.

As pedras de chão assentaram sobre uma camada de areia de 4cm de espessura e de forma a existir uma folga entre os blocos entre 1 a 2 mm.

Após a sua compactação com um maço de 5 kg espalhar-se-á sobre os blocos uma camada de areia misturada com cimento que se varre de seguida para preenchimento das juntas.

3.20. MACADAME HIDRÁULICO

3.20.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

O agregado deverá satisfazer o especificado em 3.1.5. *Agregados para camadas de sub-base e base, granulares e em mistura com ligantes hidráulicos.* Deve ser produto da britagem de material de formações homogéneas, constituído por fragmentos duros, limpos, duráveis livres de excesso de partículas lamelares, macias ou de fácil desintegração. Para além disso devem estar isentos de argila, material orgânico e outras substâncias nocivas e ainda respeitar as seguintes prescrições:

- Perda máxima por desgaste na máquina de Los Angeles..... 50%
- Índices de lamelação e alongamentos máximos..... 30%
- Limite de liquidez NP
- Índice de plasticidade..... NP

3.20.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

A superfície na qual vai ser realizada a camada de macadame hidráulico deve estar perfeitamente limpa e sem excessos de humidade.

O espalhamento da brita deve fazer-se numa camada de espessura uniforme, com a espessura definida no projecto, que é normalmente de 10cm não devendo ultrapassar 1,5 vezes o diâmetro dos maiores

agregados. O espalhamento pode ser feito manualmente ou por meio de máquinas apropriadas. Quando o espalhamento é efectuado manualmente a brita dispõe-se em cordões sobre a berma e é espalhada a braço sobre a plataforma, empregando a forquilha. Quando o espalhamento é efectuado por meio de máquinas emprega-se a niveladora ou a espalhadora-regularizadora. Devem-se evitar processos que levem à segregação ou excesso de material.

Após esta operação é realizada uma rega e um cilindramento ligeiro seguido do ensaibramento. Para o cilindramento são usados cilindros de rasto liso de 11 e 14 toneladas. O cilindramento é efectuado a partir dos bordos para o centro da faixa de modo a impedir que a pedra se desloque para fora, o que aconteceria se fosse cilindrada inicialmente a parte central, antes dos bordos terem atingido a necessária consistência.

Quando deixar de ser possível a penetração do saibro, deve-se iniciar a irrigação da camada e prosseguir com as operações de cilindramento ligeiro após o qual são realizadas as seguintes operações:

- Colocação de uma nova camada de brita;
- Ensaibramento;
- Rega e cilindramento (intenso);
- Colocação de uma nova camada de brita.
- Rega e cilindramento.

Concluída o ultimo cilindramento, a camada deve ser aberta ao tráfego da obra e dos usuários, de forma controlada e direccionada, mantendo-se a superfície humedecida. Esta etapa deve estender-se por período suficiente que permita a verificação de eventuais problemas localizados. Caso ocorram deficiências, devem ser executadas as correcções pertinentes.

3.21. RECICLAGEM DE PAVIMENTOS

Na execução dos trabalhos de reciclagem e reutilização enunciados neste documento deve ser cumprido o disposto nos Decreto – Lei 46/2008 de 12 de Março, e Decreto – Lei 152/2002 de 23 de Maio (aplicado a aterros destinados à deposição de resíduos) e demais legislação vigente aplicável.

Apenas são abordados neste Caderno de encargos os seguintes tipos de reciclagem:

- Reciclagem “in situ” a frio com cimento;
- Reciclagem in situ a frio, com emulsão betuminosa.

3.21.1. RECICLAGEM “IN SITU” A FRIO COM CIMENTO

3.21.1.1. Características dos materiais

Os materiais a incorporar no fabrico da mistura reciclada deverão cumprir todas as especificações de projecto e ainda as disposições descritas de seguida.

Cimento

Os cimentos deverão cumprir todas as especificações descritas em 3.1.3. *Cimentos*.

O tipo de cimento serão definido no projecto, no entanto é recomendável a utilização de cimentos:

- Pozolânicos, do tipo CEM I;

- Portland com adições, CEM I;
- De forno, CEM III;
- Compostos CEM V.

Deverão ser utilizados cimentos de classe de resistência média (32,5). Cimentos de classe superior (42,5) só devem ser utilizados em condições especiais tais como a utilização da técnica de reciclagem a baixas temperaturas. Não poderão ser utilizados cimentos com aluminato de cálcio nem misturas de cimentos com adições que não tenham sido efectuadas em fábricas produtoras de cimento.

Material a reciclar

O material a reciclar será o material fresado até à profundidade definida no projecto. Deve estar isento de matéria orgânica e de outros produtos que possam afectar a presa do cimento. A fiscalização poderá autorizar o emprego de material se o teor em matéria orgânica for inferior a 1% de massa. Os seus agregados não devem apresentar reactividade potencial dos alcalis com o cimento. O conteúdo de sulfatos, expresso em S03 não deverá ser superior a 1% em massa

De acordo com as características e condições das camadas deve determinar-se se existem áreas onde não se deve reutilizar o material existente. Neste caso os materiais serão removidos e transportados a local apropriado autorizado pela Fiscalização.

O material a reciclar deverá apresentar as seguintes características:

- Dimensão do agregado, máxima..... 80mm
- Percentagem de material passado no peneiro de 4mm, mínima 30%
- Índice de plasticidade, máximo..... 15%
- Limite de liquidez, máximo 35%

Poder-se-á contudo utilizar material que não cumpra os parâmetros preconizados para os limites de consistência desde que se proceda a um tratamento prévio da mistura com cal, situação que deverá ser devidamente fundamentada e comprovada com estudos laboratoriais. Para além disso, caso a dimensão máxima do material fresado seja superior a 80mm, deverão ser adoptados procedimentos que garantam a eliminação dos elementos de maior dimensão. No caso da quantidade de material passada no peneiro 4mm ser inferior a 30% deverá ser incorporado um agregado para melhoramento da granulometria do material.

Água

Deverão ser cumpridas as especificações definidas em 3.1.4. *Água*.

Agregados novos de adição

Quando se preveja a necessidade de incorporar agregados novos para correcção granulométrica ou para nivelamento da plataforma, as suas características deverão cumprir o especificado em 3.1.6. *Agregados para misturas betuminosas*.

A granulometria e a proporção deverão ser as indicadas pelo estudo de formulação de modo a que a granulometria da mistura de materiais a reciclar seja a mais continua possível.

Aditivos

Os aditivos a utilizar deverão cumprir as especificações definidas em 3.1.7. *Aditivos para misturas betuminosas*.

É obrigatória a utilização de retardadores de presa se a temperatura ambiente durante a execução da reciclagem for igual ou superior a 30°.

Poderão ainda ser usados, quando aprovados pela Fiscalização, outros tipos de aditivos para aumentar a trabalhabilidade e as características da mistura.

Mistura reciclada

A dosagem de cimento deverá ser definida em projecto e ser ajustada de acordo com a resistência pretendida. No entanto deverão ser cumpridos os seguintes valores mínimos na formulação da mistura:

- Teor mínimo de cimento > 3%
- Resistência à compressão simples em 7 dias > 2,5MPa

O período de trabalhabilidade determinado de acordo com a EN 13286-45 - “*Unbound and hydraulically bound mixtures –Part 4: Test methods for the determination of the compressive of workability period of hydraulically bound mixtures*”, à temperatura ambiente, durante a execução da reciclagem deve ser:

- Sem tráfego a circular com construção na largura completa, mínimo..... 120 minutos
- Sem tráfego a circular com construção por faixas, mínimo..... 180 minutos
- Com tráfego a circular, mínimo..... 240 minutos

3.21.1.2. Processos construtivos

Estudos prévios

Antes do início dos trabalhos deverá ser realizada uma inspecção da superfície para comprovação dos dados de projecto de execução e deverá ser efectuado um zonamento em trechos homogéneos para efeitos de amostragem e de execução dos trechos experimentais.

Em cada trecho devem ser recolhidas pelo menos duas amostras de material fresado, na espessura prevista em projecto e recorrendo a equipamento similar ao que será utilizado. Nessas amostras serão realizados:

- Análise granulométrica;
- Limites de consistência;
- Teor de sulfatos;
- Teor de matéria orgânica;
- Proctor modificado;
- Presença de substâncias inibidoras de presa do cimento como seja a presença de sulfuretos (pirites) e cloretos (sal gema).

Estes ensaios servirão para confirmar os pressupostos de projecto e a homogeneidade dos troços. Considerar-se-ão homogéneos os trechos de amostragem cujos resultados individuais da análise granulométrica e da baridade máxima, obtida no ensaio Proctor modificado, estejam enquadrados nas seguintes tolerâncias (em percentagem):

- Percentagem retida no peneiro de 80mm, em relação à massa total seca do material a reciclar..... 0;
- Percentagem que passa no peneiro de 4mm, em relação à massa total seca do material a reciclar..... ± 4 ;
- Baridade máxima teórica obtida no ensaio Proctor modificado..... ± 3

Depois de confirmada a homogeneidade dos troços serão tomados como valores de referência para cada tipo de material a média de dos valores obtidos para cada ensaio.

Estudo da composição

O estudo da composição deverá ser entregue à Fiscalização num prazo de 30 dias antes do início dos trabalhos. Deverá conter:

- Espessura da camada de reciclagem;
- Curva granulométrica, limites de consistência e equivalente de areia do material reciclado;
- Curva granulométrica da mistura;
- Percentagens de cada constituinte da mistura: material reciclado, agregado adicionado, cimento, água e adições;
- Valor mínimo da densidade a obter;
- Período de trabalhabilidade da mistura com a temperatura a que foi realizado o ensaio;
- Resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias dos provetes moldados com um grau de compactação de 97% em relação ao ensaio Proctor e com a percentagem de ligante proposta;
- Ensaio de Proctor modificado com a indicação do teor de humidade óptimo e baridade seca máxima.

Para além disso no estudo deverá ser apresentada toda a documentação relativa aos constituintes da mistura comprovativa da sua conformidade, a metodologia a adoptar na execução dos trechos experimentais e todos os equipamentos a utilizar.

Deverão ser testadas pelo menos três composições distintas e moldados pelo menos 6 provetes por composição.

As tolerâncias admissíveis em relação à fórmula de estudo serão as que se indicam a seguir, tendo em conta que em nenhum caso os valores poderão ultrapassar os limites especificados:

- Percentagem do material retido no peneiro 80, em relação à massa total seca da mistura reciclada 0
- Percentagem do material passado nos peneiros superiores a 4mm, em relação à massa total seca da mistura reciclada..... $\pm 6\%$
- Percentagem do material passado no peneiro de 4mm ou inferiores, em relação à massa total seca da mistura reciclada..... $\pm 4\%$
- Percentagem do material passado no peneiro de 4mm ou inferiores, em relação à massa total seca da mistura reciclada..... $\pm 4\%$

Preparação da superfície existente

Antes do início do processo de reciclagem a superfície a tratar deverá ser preparada do seguinte modo:

- Limpeza e remoção de materiais estranhos existentes, em toda a largura do pavimento;
- Tratamento e/ou eliminação de zonas muito contaminadas que possam não cumprir as especificações mínimas para serem recicladas;
- Nivelamento da plataforma, recorrendo para tal a agregado de granulometria extensa, de forma a conseguir os perfis longitudinal e transversal previstos ou a fracções de agregados de adição para correcção granulométrica do material a reciclar, nos casos em que seja necessário.

No caso de estarem presentes na área da faixa caixas de visita de infra-estrutura, ou bocas-de-incêndio ou quaisquer outros obstáculos similares, deverá o Adjudicatário demolir cuidadosamente o pavimento circundante numa área da ordem de 1,0x1,0m² com recurso a martelos pneumáticos caso seja necessário, até uma cota inferior, em 0,05m, relativamente à que se pretende atingir com o procedimento de reciclagem *in situ*. Depois disso demolirá os topos das caixas de visita e rebaixará as bocas-de-incêndio até à mesma cota, colocando entre ele (a)s uma chapa de aço de espessura adequada e com área igual à da demolição previamente efectuada. Seguidamente preencher-se-ão as cavidades assim constituídas com um material de granulometria extensa próximo em características ao que estiver a ser reciclado, após o que se poderá iniciar o processo de reciclagem *in situ*, por estarem reunidas condições para que “recicladora” opere em contínuo.

Trechos experimentais

Antes do início da execução dos trabalhos deverá proceder-se à realização de trechos experimentais para definição das fórmulas de trabalho e validação da metodologia de execução. Os trechos serão realizados com a espessura definida no projecto, com a fórmula de trabalho prescrita e utilizando os mesmos equipamentos que irão ser utilizados no decorrer da obra. Deste modo pretende-se comprovar as características da fórmula de trabalho, o funcionamento dos equipamentos e a forma de execução dos trabalhos.

O plano para a realização dos trechos experimentais deverá ser previamente submetido à aprovação da Fiscalização.

Para cada um dos sub-trechos homogêneos da amostragem definidos realizar-se-á um trecho experimental. Deverão ter cerca de 100m de comprimento por 3 m de largura.

Para além da verificação da espessura da camada, deverão ser ensaiadas as amostras necessárias para se determinar a conformidade quanto à granulometria, à percentagem de cimento e eventuais aditivos, teor de água, compacticidade, características mecânicas, aos 7, 28 e 90 dias, em grupos de três provetes, para cada idade, moldados em laboratório, e aos demais requisitos exigidos.

No início de cada um dos trechos experimentais proceder-se-á:

- Ajuste da velocidade de avanço do equipamento de modo a obter a profundidade desejada, a granulometria especificada e uma mistura uniforme e homogênea;
- Determinação da granulometria do material fresado que se vai reciclar;
- Comprovação e ajuste da formula de estudo de forma a obter a formula de trabalho.

Durante a execução dos trechos experimentais serão abalizados os seguintes aspectos:

- Comprovação da precisão dos sistemas de dosagem do cimento, da água e eventualmente aditivos;
- Estabelecimento das relações entre teor de água e grau de compactação atingido;
- Estabelecimento das relações entre ordem e número de passagens dos compactadores e o grau de compactação atingido;
- Medição do empolamento da camada reciclada através da diferença de espessura antes da fresagem e após compactação.

Após decorridos 5, 26, e 88 dias de execução dos trechos experimentais serão extraídos 6 carotes, em cada uma das idades. Tais carotes serão extraídas em locais aleatórios, distanciados entre si de cerca de 7 m no sentido longitudinal e distanciados de pelo menos 0,5 m de qualquer fenda de retracção, junta transversal ou bordo visível. Estas amostras destinam-se aos ensaios para determinação de resistência à compressão simples e compressão diametral, depois de conservados 48 h à temperatura ambiente, em laboratório. Os resultados destes ensaios serão relacionados com os obtidos nos provetes moldados e servirão de base para comparação com os obtidos nos ensaios de avaliação de conformidade. No final de execução dos trechos experimentais e decorridos 7,28 e 90 dias realizar-se-ão ensaios de carga com placa, para determinação do módulo de deformabilidade EV2 in situ, a validar com ensaios de carga com hectómetro de impacto. Decorridas 90 dias da execução dos trechos experimentais realizar-se-ão ensaios de carga com deflectómetro de impacto para comprovação das características de deformabilidade tidas em conta no projecto de execução.

Deverão ser verificadas periodicamente as características das misturas, não sendo admissíveis variações superiores às preconizadas anteriormente. Caso contrário deve ser parado o processo e revisto, corrigindo-se as anomalias detectadas.

Os resultados obtidos no trecho experimental servirão para fixar a fórmula de trabalho definitiva de cada um dos sub-trechos homogéneos e os valores de referência dos ensaios de avaliação da conformidade.

Os encargos com a realização dos ensaios resultantes destes trechos experimentais são da conta do Adjudicatário.

Fresagem da parte do pavimento a reciclar e adição de novos materiais

A fresagem será efectuada com o equipamento e método aprovado pela fiscalização após a execução dos trechos experimentais.

Em cada trecho homogéneo, para garantia de uma profundidade de fresagem uniforme, deverá ser mantida a velocidade constante de deslocação e da rotação do rotor de fresagem. Devem ser evitadas paragens e quando tal for imprescindível, deverá cortar-se de imediato o fornecimento de cimento e água para evitar sobredosagens ou enharcamentos.

Equipamentos

A recicladora a utilizar na reciclagem “in situ” com cimento deverá ter capacidade para tratar espessuras compatíveis com as preconizadas em projecto, numa única passagem e ser dotada de um tambor com as características adequadas ao tipo de trabalho previsto. Deverá também possuir dispositivos de guiamento que lhe permitam, mediante apoio topográfico, garantir uma regularidade e espessura de mínima de camada tratada, compatível com as exigências de projecto. À recicladora será acoplado um equipamento para armazenamento de água e cimento e para a mistura dos dois

componentes. Este equipamento deverá possuir um dispositivo para dosear a quantidade correcta de água e cimento em função da espessura a reciclar.

Distribuição de cimentos, água e aditivos e mistura

A distribuição do cimento, da água e dos aditivos será feita uniformemente com a dosificação fixada na fórmula de trabalho. A distribuição do cimento deverá preferencialmente ser realizada por via húmida, em forma de leitada e directamente no misturador do dispositivo de reciclagem. Poderá também em situações particulares ou obras de pequenas dimensões e após aprovação da fiscalização ser utilizada a distribuição do cimento em pó “via seca”.

Deverá ser verificada diariamente ou sempre que seja interrompido o trabalho o correcto funcionamento das bombas e dispersores de água e cimento.

A dispersão do cimento na mistura deverá ser homogénea, facilmente reconhecida pela sua cor uniforme e ausência de torrões de cimento. Todo o cimento deverá ser misturado com o material fresado antes de ter decorrido uma hora desde a sua aplicação.

Deverão tomar-se as precauções adequadas para evitar o tratamento de qualquer zona de superfície do pavimento em que se observe o encharcamento da camada a reciclar.

O equipamento de reciclagem deverá estar munido dos dispositivos necessários para manter uma mistura homogénea em toda a largura e profundidade do tratamento. Deverá parar-se o processo e realizar as correcções adequadas sempre que se detectem segregações, partículas desrevestidas, diferenças na percentagem de cimento ou água, contaminação ou irregularidades superficiais, em qualquer parte de superfície reciclada.

Imediatamente após o espalhamento do cimento deverá proceder-se à sua mistura com o material fresado.

Quando a largura da superfície a tratar seja superior à do equipamento de trabalho, a reciclagem executar-se-á por faixas paralelas com sobreposição de 0,15 a 0,30m, para não deixar materiais não tratados nas zonas limites. Nestas sobreposições deverão adoptar-se as medidas necessárias para evitar sobre dosagens quer de cimento, quer de água.

Caso se utilizem dois equipamentos de reciclagem em paralelo, deverá adoptar-se a mesma precaução, no que respeita as larguras de trabalho. O desfaseamento entre as duas máquinas deverá ser o menor possível, de modo que ao compactar-se em toda a largura não se produzam juntas longitudinais no interior da faixa.

A execução por faixas deverá ser adequadamente planeada para permitir a circulação do tráfego, caso seja necessário, dando a máxima relevância às condições de circulação e de pessoal.

Delimitar-se-á cuidadosamente as bermas ou zonas adjacentes à faixa de circulação, de modo a evitar que as respectivas matérias se misturem com os materiais a reciclar.

Adição de agregados novos

Caso seja necessária a adição de agregados novos ao material a reciclar, este será incorporado mediante a sua colocação numa camada de espessura adequada sobre a superfície existente, antes da fresagem.

Juntas transversais a fresco – pré-fissuração

Logo após a execução da mistura e antes do início da compactação deverão ser realizadas as juntas transversais de pré-fissuração.

O espaçamento destas deverá ser definido em projecto, sendo habitualmente da ordem dos 3 a 4m.

O equipamento para a execução das juntas transversais a fresco deverá ser o aprovado na fase de trecho experimental. Este equipamento deverá permitir a execução de um sulco recto com uma profundidade correspondente a 2/3 da espessura da camada e que ao mesmo tempo seja capaz de produzir no dito sulco um produto adequado para evitar o fecho do mesmo durante o processo de compactação. O produto normalmente utilizado é uma emulsão de cura rápida.

Compactação

Logo após a execução das juntas a fresco de pré-fissuração será realizada a compactação da camada para evitar perdas de humidade e permitir a sua conclusão dentro do período de trabalhabilidade da mistura. Caso tal não aconteça, a mistura não poderá permanecer mais de meia hora sem que se inicie o processo de compactação e de acabamento.

A determinação do número de passagens e composição dos cilindros deverá ser efectuada no trecho experimental.

A compactação executar-se-á longitudinalmente de forma contínua e sistemática, até se atingir o grau de compactação pretendido. Se a reciclagem se realizar por faixas paralelas os cilindros deverão sobrepor-se na faixa adjacente em pelo menos 0,15m. Se forem utilizados dois equipamentos de reciclagem em paralelo compactar-se-á toda a largura abrangida pelas duas máquinas.

Os cilindros deverão levar a sua roda motriz do lado mais próximo do equipamento de reciclagem. As mudanças de direcção far-se-ão sobre a camada já compactada. Os cilindros deverão estar sempre limpos e se necessário húmidos.

A compactação iniciar-se-á pelo bordo mais baixo de faixa que está a ser tratada, prosseguindo até ao bordo mais elevado, sobrepondo-se as passagens sucessivas.

Durante a compactação deverá dispor-se de equipamento capaz de espalhamento de água em forma de neblina sobre a superfície reciclada a fim de evitar secagens superficiais prematuras.

Em qualquer secção transversal a compactação de uma faixa deverá estar concluída antes de terminar o período de trabalhabilidade da faixa adjacente compactada previamente.

Em zonas inacessíveis aos equipamentos de compactação deverão utilizar-se outro tipo de compactadores apropriados, placas ou rolos vibratórios, para se atingir resultados semelhantes aos obtidos com os compactadores correntes aprovados.

Acabamento da superfície

Uma vez terminada a compactação não é permitida a execução de sobreessuras. No caso de se obterem espessuras inferiores, não será permitida a construção de camadas delgadas.

No entanto, e sempre dentro do período de trabalhabilidade, poderá proceder-se a um nivelamento com moto-niveladora ou escarificação, procedendo-se em seguida ao varrimento do material excedentário, humedificação e recompactação de área corrigida.

Salvo justificação em contrário, o acabamento deverá ser efectuado com cilindros de rolo liso sem vibração.

Os excessos laterais sem compactação adequada serão removidos, excepto se formarem parte do talude exterior da plataforma.

Juntas de trabalho

As juntas de trabalho ocorrerão sempre que o processo construtivo se interrompa (paragem da “recicladora”) independentemente do período de trabalhabilidade. Os trabalhos deverão ser programados para que não ocorram mais do que duas paragens (tidas como inevitáveis) em cada dia de trabalho, para cada faixa a reciclar.

Entre duas faixas paralelas adjacentes executar-se-á uma junta longitudinal sempre que as operações a efectuar ultrapassem o período de trabalhabilidade da mistura.

As juntas longitudinais entre a zona reciclada e o pavimento existente ou as bermas não poderão coincidir com os alinhamentos das rodeiras do tráfego pesado.

A largura das faixas longitudinais será fixada de modo a executar-se o menor número possível de juntas e se consiga a maior continuidade de tratamento, tendo em conta a largura da secção, a eventual manutenção da circulação de tráfego e as características do equipamento empregue.

Executar-se-ão juntas transversais de trabalho sempre que o processo construtivo se interrompa por um prazo superior ao período de trabalhabilidade da mistura.

Após a passagem da “recicladora” e concluídas as operações de compactação (logo que possível, a fim de que o início do processo de presa não possa dificultar a tarefa) levantar-se-á todo o material que se tenha colocado sobre chapas de aço, reconstruindo-se oportunamente os topos das caixas de visita e / ou subindo as bocas-de-incêndio para a cota tida por conveniente. Esta poderá não ser a definitiva, caso o Adjudicatário entenda programar os seus trabalhos de modo a que decorra um tempo significativo antes da colocação de todas as camadas de recobrimento da mistura reciclada *in situ*.

Logo que seja possível deve regularizar-se o fundo da cavidade com um “material britado 0/5mm”, para constituir leito corrente até à cota que deveria ter sido atingida com o processo de reciclagem, aplicando-se em seguida material tratado com cimento nos moldes já descritos.

Tratamento de cura e protecção superficial

Após terminadas as operações de compactação e acabamento e sempre antes de um período de 3 horas, proceder-se-á à aplicação de um tratamento de cura.

O tratamento de cura é realizado com uma emulsão betuminosa, definida no projecto de pavimentação, à taxa de 0,5 kg/m² de betume residual.

A superfície a tratar deve ser mantida húmida até ao momento de aplicação do tratamento, que deve ser feito tão cedo quanto possível, logo após a compactação.

A Fiscalização poderá aceitar, no entanto, que o tratamento de cura apenas seja feito duas vezes por dia, nas quatro horas após o final da compactação, caso as condições climáticas o permitam e sob condição de se manter a superfície húmida.

Caso se preveja a circulação de qualquer tipo de tráfego directamente sobre a camada tratada, deve ainda ser espalhada uma gravilha 3/6 à taxa de 4 a 6 litros /m² compactada com um cilindro de pneus, e previamente à abertura ao tráfego deverá ser varrido o material solto. O tratamento de cura deve ser mantido, se necessário, aplicado novamente até à execução da camada seguinte.

Não poderá circular qualquer tipo de tráfego sobre a superfície tratada antes de se produzir a rotura da emulsão betuminosa de cura.

A circulação de veículos de obra sobre a camada deve ser restringida e será interdita durante sete dias após construção. Caso, posteriormente, a camada seja frequentemente circulada pelo tráfego de obra, cuja carga seja compatível com a sua capacidade estrutural, a situação será analisada em conjunto com o Projectista, de forma a ser apresentada uma solução à Fiscalização.

Antes da aplicação da camada sobrejacente, dever-se-á remover o tratamento de cura que se apresenta desligado da camada, usando-se para o efeito vassouras mecânicas.

Limitações de execução

A reciclagem *in situ* com cimento só pode ser executada quando a temperatura ambiente, à sombra, for superior a 5°C, inferior a 35°C e não se preveja a formação de gelo. Caso haja o risco de ocorrência da chuvadas durante o período dos trabalhos, estes deverão se imediatamente suspensos e será aplicado o tratamento de cura preconizado.

Nos casos em que seja autorizado a distribuição do cimento por “via seca” sobre a camada a tratar, esta deve ser interrompida sempre que a velocidade do vento seja excessiva.

Controlo da qualidade

O controlo de qualidade será realizado por lotes de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub-capítulo 3.23. *Controlo da qualidade*.

Será considerado como lote para aceitação ou rejeição das camadas, o menor que resulte dos três critérios seguintes dentro de cada trecho homogéneo:

- 500m de pavimento;
- 3500m²;
- Fracção construída diariamente.

Serão extraídos carotes sobre os quais se determinará a espessura da camada. O número mínimo de carotes por lote será de 2 até um máximo de 5 se a espessura de algum dos 2 primeiros for inferior ao prescrito. Os furos serão preenchidos com material produzido da mesma qualidade que a utilizada no resto da camada, que será devidamente compactado.

Especificações das unidades terminadas

A densidade média do lote deve superior a 97% da baridade máxima obtida no ensaio Proctor modificado, verificada com equipamento do tipo gamadensímetro durante o processo de compactação e sobre carotes recolhidas na camada. Para além da densidade também se avalia a espessura da camada. A quantidade de ensaios a realizar dependerá da dimensão do lote e da heterogeneidade dos resultados.

A resistência à compressão simples aos 7 dias não deve ser inferior ao definido em projecto, devendo ser no mínimo 3,5 Mpa.

A rasante da superfície terminada não deve exceder em nenhum ponto a rasante teórica em mais de 20mm. A largura da camada reciclada não deverá ser inferior ou exceder 10cm da largura estabelecida nos perfis tipo.

A espessura da camada não deverá ser inferior em nenhum ponto ao especificado no projecto.

A irregularidade superficial deverá ser avaliada pelo IRI que deverá cumprir o especificado no quadro 27.

Quadro 27 – Valores admissíveis de IRI (m/km) para camadas recicladas “in situ” a frio com cimento

Percentagem da extensão da obra	IRI (m/km)
50	≤3
80	≤3,5
100	≤4,5

Critérios de aceitação/rejeição das camadas executadas

A densidade obtida deverá ser inferior à especificada nas *especificações da unidade terminada*. Apenas dois dos resultados da baridade em ensaio Proctor poderão ser inferiores ao previsto em 2%. Se a densidade média obtida for superior a 95% da baridade máxima obtida no ensaio Proctor Modificado será aplicada uma penalização económica de 10% sobre o custo da camada. Se a densidade média obtida for inferior a 95% da baridade máxima obtida no ensaio Proctor Modificado a camada será removida por fresagem.

A resistência à compressão simples aos 7 dias deverá ser igual ou superior ao especificado nas *especificações da unidade terminada*. Se a resistência média do lote for superior a 90% do valor exigido, a camada poderá ser aceite mas com penalização no preço unitário do lote correspondente a duas vezes o decréscimo de resistência. Se a resistência média do lote for inferior a 90% da resistência especificada deverão realizados ensaios que possam ser comparados com os do trecho de referência. Serão extraídos 6 tarolos após decorridos 26 a 28 dias da execução do pavimento, em locais aleatórios, distanciados entre si pelo menos 7m no sentido longitudinal e de pelo menos 0,5m de qualquer fenda de retracção, junta transversal ou bordo visível. O valor médio dos resultados dos ensaios será comparado com o valor médio dos resultados obtidos no trecho experimental. Se a resistência for inferior à do trecho experimental mas com valor médio entre 70% e 90%, a camada poderá ser aceite mas com penalização no preço unitário do lote correspondente a duas vezes o decréscimo de resistência e com um aumento de espessura na camada superior que realize um reforço estrutural e compense a resistência. Nos restantes casos em que a resistência seja inferior a 70% da resistência média obtida no trecho experimental a camada deverá ser fresada e reconstruída.

A espessura média obtida não deverá ser inferior ao especificado. Apenas dois dos tarolos ensaiados poderão apresentar resultados inferiores a 10% da espessura prevista. Se a espessura média obtida for inferior ao especificado deverá compensar-se a espessura na camada seguinte.

As diferenças de cota entre a superfície acabada e a superfície teórica de projecto não devem exceder as tolerâncias especificadas nem devem existir zonas que retenham água. Quando a tolerância não é verificada por defeito e não existem problemas de encharcamento as diferenças de cota podem ser compensadas na camada seguinte. Quando a tolerância não é verificada por excesso as diferenças de cota devem ser corrigidas por fresagem.

Os resultados da medida da regularidade superficial devem cumprir o especificado nas *especificações das unidades terminadas*. Se os resultados excedem os limites em mais de 10% será realizada fresagem para corrigir os defeitos. Se os resultados excedem os limites em menos de 10% será aplicada uma penalização económica de 10% do custo da camada.

3.21.2. RECICLAGEM IN SITU A FRIO, COM EMULSÃO BETUMINOSA

3.21.2.1. Características dos materiais

Os materiais a incorporar no fabrico da mistura reciclada deverão cumprir todas as especificações de projecto e ainda as disposições descritas de seguida.

Emulsão betuminosa

A emulsão betuminosa deverá cumprir todas as especificações definidas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas*.

O tipo de emulsão a utilizar deverá ser definida em projecto, tendo em conta as características do material fresado, no entanto é usual a utilização de emulsões de rotura lenta.

Material a reciclar

O material a reciclar será constituído por material pétreo, recoberto ou não por ligante, resultante da fresagem de uma ou várias camadas da estrutura do pavimento.

De acordo com as características e condições das camadas deve determinar-se se existem áreas onde não se deve reutilizar o material existente. Neste caso os materiais serão removidos e transportados a local apropriado autorizado pela Fiscalização.

A granulometria deve ser definida no projecto, devendo contudo enquadrar-se num dos seguintes fusos:

Dimensão dos peneiros (mm)	Material que passa	
	Fuso A	Fuso B
40	100	—
32	90-100	100
20	69-95	80-100
12,5	52-82	62-89
8	40-70	49-77
4	25-53	31-58
2	15-40	19-42
0,5	2-20	2-20
0,25	0-10	0-10
0,063	0-3	0-3

Em princípio o Fuso A será recomendável para camadas com espessuras superiores a 10cm e o Fuso B para camadas com espessuras inferiores, da ordem dos 6 a 10cm.

Água

Deverão ser cumpridas as especificações definidas em 3.1.4. *Água*.

Aditivos

Será permitida a utilização de aditivos, particularmente aqueles que permitam controlar a rotura da emulsão ou melhorar as características da mistura, desde que o comportamento seja garantido pelo fabricante e mereça a aprovação da fiscalização. Quando utilizados devem ser referidos no estudo de formulação, com a indicação da dosagem utilizada e disponibilizada a respectiva ficha técnica.

Mistura

As características da mistura reciclada com emulsão deverão ser definidas em projecto tendo em conta a especificidade da obra. No entanto as misturas devem satisfazer os seguintes requisitos:

- Granulometria enquadrada no fuso A ou fuso B
- Percentagem de betume residual..... <1,5Mpa
- Resistência à compressão simples a seco..... > 2,5Mpa
- Resistência à compressão simples após imersão > 2Mpa
- Resistência conservada > 70%

3.21.2.2. Processos Construtivos

Antes do início dos trabalhos deverá ser realizada uma inspecção da superfície para comprovação dos dados de projecto de execução e deverá ser efectuado um zonamento em trechos homogéneos para efeitos de amostragem e de execução dos trechos experimentais.

Em cada trecho devem ser recolhidas pelo menos duas amostras de material fresado, na espessura prevista em projecto e recorrendo a equipamento similar ao que será utilizado. Nessas amostras serão realizados:

- Analise granulométrica do material fresado;
- Percentagem de betume;
- Ensaio de penetração e anel e bola do betume recuperado;
- Identificação dos agregados recuperados;
- Densidade in situ;

Estes ensaios servirão para confirmar os pressupostos de projecto e a homogeneidade dos troços. Considerar-se-ão homogéneos os trechos de amostragem cujos resultados estejam enquadrados nas seguintes tolerâncias (em percentagem):

- Percentagem retida nos peneiros de dimensão $<2\text{mm}$, em relação à massa total seca do material a reciclar ± 6 ;
- Percentagem retida nos peneiros de dimensão $\leq 2\text{mm}$, em relação à massa total seca do material a reciclar ± 3 ;
- Percentagem retida no peneiro de dimensão $0,063\text{mm}$ $\pm 1,5$;
- Percentagem de ligante $\pm 0,5$;
- Penetração de betume recuperado ($0,1\text{mm}$) ± 8 ;
- Densidade in situ (kg/m^3) $\pm 0,1\%$.

Depois de confirmada a homogeneidade dos troços serão tomados como valores de referência para cada tipo de material a média de dos valores obtidos para cada ensaio.

Estudo da composição

O estudo da composição, que deverá ser entregue à Fiscalização num prazo de 30 dias antes do início dos trabalhos, deverá conter:

- A espessura da camada de reciclagem in situ com emulsão (que deverá ser entre 6 e 12cm);
- Tipo de emulsão betuminosa e a proporção em massa de ligante residual a incorporar em relação a massa total seca do material a reciclar;
- Granulometria do material fresado
- Proporção em massa em relação à massa total seca do material a reciclar da água a incorporar;
- Tipos de aditivos e suas proporções em massa em relação à massa total seca do material a reciclar;
- Teor de humidade óptimo;
- Valor mínimo de densidade a obter.

Para além disso no estudo deverá ser apresentada toda a documentação relativa aos constituintes da mistura comprovativa da sua conformidade, a metodologia a adoptar na execução dos trechos experimentais e todos os equipamentos a utilizar.

Deverão ser testadas pelo menos três composições distintas e moldados pelo menos 6 provetes por composição.

A percentagem de betume residual (emulsão) a adicionar à mistura deve ser determinada a partir da realização de ensaios de imersão compressão e valores da resistência conservada. O ensaio será conduzido segundo a norma NLT – 162. Na moldagem dos provetes deverá ser seguida a norma NLT-161 com uma cura de três dias a cinquenta graus (50° C).

O teor de humidade óptimo será determinado pelo ensaio Proctor Modificado realizado sobre o material a reciclar. Ao resultado do ensaio deverá ser deduzida a percentagem da componente aquosa da emulsão.

As tolerâncias admissíveis em relação à fórmula de estudo serão as que se indicam a seguir, tendo em conta que em nenhum caso os valores poderão ultrapassar os limites especificados:

- Dimensão máxima0;
- Percentagem retida nos peneiros de dimensão <2mm, em relação à massa total seca do material a reciclar ± 6 ;
- Percentagem retida nos peneiros de dimensão ≤ 2 mm, em relação à massa total seca do material a reciclar ± 3 ;
- Percentagem retida no peneiro de dimensão 0,063mm $\pm 1,5$;
- Percentagem de ligante $\pm 0,3$;
- Variação do teor de humidade em relação ao óptimo -1/+1,5

Preparação da superfície existente

Na preparação do pavimento existente serão adoptados os mesmos procedimentos realizados para a reciclagem in situ a frio com cimento em 2.21.1.2. *Preparação da superfície existente.*

Trechos experimentais

Antes do início da execução dos trabalhos deverá proceder-se à realização de trechos experimentais para definição das fórmulas de trabalho e validação da metodologia de execução. Os trechos serão realizados com a espessura definida no projecto, com a formula de trabalho prescrita e utilizando os mesmos equipamentos que irão ser utilizados no decorrer da obra. Deste modo pretende-se comprovar as características da fórmula de trabalho, o funcionamento dos equipamentos e a forma de execução dos trabalhos.

O plano para a realização dos trechos experimentais deverá ser previamente submetido à aprovação da Fiscalização.

A localização e extensão do trecho experimental deverá ser previamente acordada pela fiscalização, no entanto, deverá ser adoptada uma extensão superior a 100m.

No início de cada um dos trechos experimentais proceder-se-á:

- Ajuste da velocidade de avanço do equipamento de modo a obter a profundidade desejada, a granulometria especificada e uma mistura uniforme e homogénea;
- Determinação da granulometria do material fresado que se vai reciclar;
- Comprovação e ajuste da fórmula de estudo de forma a obter a formula de trabalho.

Durante a execução dos trechos experimentais serão abalizados os seguintes aspectos:

- Comprovação da precisão dos sistemas de dosagem da emulsão, água e adições;

- Estabelecimento das relações entre teor de água e grau de compactação atingido;
- Estabelecimento de relações entre o teor de humidade e a densidade atingida;
- Estabelecimento das relações entre ordem e número de passagens dos compactadores e o grau de compactação atingido;
- Medição do empolamento da camada reciclada através da diferença de espessura antes da fresagem e após compactação.

Deverão ser verificadas periodicamente as características das misturas, não sendo admissíveis variações superiores às preconizadas anteriormente. Caso contrário deve ser parado o processo e revisto, corrigindo-se as anomalias detectadas.

Os resultados obtidos no trecho experimental válido servirão para fixar a fórmula de trabalho definitiva de cada um dos sub-trechos homogêneos e os valores de referência dos ensaios de avaliação da conformidade.

Os encargos com a realização dos ensaios resultantes destes trechos experimentais são da conta do Adjudicatário.

Equipamento

A recicladora a utilizar na reciclagem “in situ” com emulsão deverá ter capacidade para tratar espessuras compatíveis com as preconizadas em projecto, numa única passagem e ser dotada de um tambor com as características adequadas ao tipo de trabalho previsto. Deverá também possuir dispositivos de guiamento que lhe permitam, mediante apoio topográfico, garantir uma regularidade e espessura de mínima de camada tratada, compatível com as exigências de projecto. À recicladora será acoplado um equipamento para armazenamento de água, emulsão e quando previsto cimento. Este equipamento deverá possuir dispositivos que permitam a correcta dosagem dos diferentes componentes.

Fresagem da parte do pavimento a reciclar e adição de novos materiais

A fresagem será efectuada com o equipamento e método aprovado pela fiscalização após a execução dos trechos experimentais.

Em cada trecho homogêneo para garantia de uma profundidade de fresagem uniforme, deverá ser mantida a velocidade constante de deslocação e da rotação do rotor de fresagem. Devem ser evitadas paragens e quando tal for imprescindível, deverá cortar-se de imediato o fornecimento de emulsão e água para evitar sobredosagens ou encharcamentos.

Distribuição de emulsão, água e aditivos

A emulsão, água e aditivos serão distribuídas uniformemente com os equipamentos mecânicos definidos e com a dosagem fixada na fórmula de trabalho.

Deverá ser verificada diariamente ou sempre que seja interrompido o trabalho o correcto funcionamento das bombas e dispersores de emulsão e água e respectivos caudalímetros.

Mistura e espalhamento

Deverão tomar-se as precauções adequadas para evitar o tratamento de qualquer zona de superfície do pavimento em que se observe o encharcamento da camada a reciclar.

O equipamento de reciclagem deverá estar munido dos dispositivos necessários para manter uma mistura homogénea em toda a largura e profundidade do tratamento. Deverá parar-se o processo e realizar as correcções adequadas sempre que se detectem segregações, partículas desrevestidas, diferenças na percentagem de emulsão ou água, contaminação ou irregularidades superficiais, em qualquer parte de superfície reciclada.

Quando a largura da superfície a tratar seja superior à do equipamento de trabalho, a reciclagem executar-se-á por faixas paralelas com sobreposição de 0,15 a 0,30m, para não deixar materiais não tratados nas zonas limites. Nestas sobreposições deverão adoptar-se as medidas necessárias para evitar sobre dosagens quer de cimento, quer de água.

Compactação

A compactação executar-se-á longitudinalmente de forma contínua e sistemática, até se atingir o grau de compactação pretendido. Se a reciclagem se realizar por faixas paralelas os cilindros deverão sobrepor-se na faixa adjacente em pelo menos 0,15m. Se forem utilizados dois equipamentos de reciclagem em paralelo compactar-se-á toda a largura abrangida pelas duas máquinas.

Os cilindros deverão levar a sua roda motriz do lado mais próximo do equipamento de reciclagem, as mudanças de direcção far-se-ão sobre a camada já compactada. Os cilindros deverão estar sempre limpos e se necessário húmidos.

Os cilindros deverão dispor de sistema de auto-limpeza dos rolos e pneus e dotados de dispositivos que os permitam manter húmidos, se necessário. Após espalhamento da camada a duração da compactação e finalização da camada não deve ser superior a meia hora.

Após conclusão da compactação da camada não será permitido o acréscimo de material para correcção altimétrica da camada.

Juntas de trabalho

Quando o trabalho é executado por faixas será necessária a realização de juntas longitudinais sempre que o bordo da faixa anterior já não permita a sua compactação.

Estas deverão ser em número reduzido e as mínimas necessárias tendo em conta os condicionalismos da obra e processo construtivo adoptado.

As juntas de trabalho transversais serão executas por fresagem da camada tratada, numa extensão mínima equivalente à medida do diâmetro do cilindro fresador e a uma profundidade igual à da espessura da camada.

Cura e protecção superficial

Quando por necessidade de desenvolvimento da obra haja necessidade de acelerar o processo de eliminação de água da mistura compactada a fiscalização poderá permitir a circulação de tráfego sobre a camada entre 15 a 30 dias em função das condições atmosféricas e da intensidade de tráfego, sendo aconselhável que este se distribua uniformemente a toda a largura da camada.

Em locais onde seja susceptíveis de haver desagregação da camada, pela acção do tráfego, será realizado uma camada de protecção que consistirá na aplicação de uma emulsão betuminosa de cura rápida seguida do espalhamento de um agregado de dimensões 0/6 à taxa de 7 a 8 litros/m², seguido de cilindramento com cilindro de pneus.

No entanto para a execução de uma nova camada em mistura betuminosa sobre a camada reciclada só será permitida após confirmação de que a humidade no meio da camada é constante e inferior a 1%, sendo a altura ideal para a recolha de tarolos, uma vez que já não terão tendência para desagregar, o que permitirá o seu transporte e manuseamento em condições de realizar os ensaios previstos.

Controlo da qualidade

O controlo de qualidade será realizado por lotes de acordo com o tipo e frequência de ensaios definidos no sub-capítulo 3.23. *Controlo da qualidade*.

Será considerado como lote para aceitação ou rejeição das camadas, o menor que resulte dos três critérios seguintes dentro de cada trecho homogéneo:

- 500m de pavimento;
- 3500m²;
- Fracção construída diariamente.

Serão extraídos tarolos sobre os quais se determinará a espessura, a densidade e o teor de humidade da camada. O número mínimo de tarolos por lote será de 2 até um máximo de 5 se a espessura de algum dos 2 primeiros for inferior ao prescrito. Os furos serão preenchidos com material produzido da mesma qualidade que a utilizada no resto da camada, que será devidamente compactado.

Será comprovada a regularidade superficial de cada lote a partir das 24 horas após a sua execução e a partir da determinação do IRI que deverá cumprir o especificado nas *especificações da unidade terminada*.

Especificações da unidade terminada

A densidade da camada não deverá ser inferior a 100% da baridade máxima obtida no ensaio Proctor modificado. A diferença de densidades entre as zonas mais superficiais e as mais profundas não deverá ser inferior a 3% ou então de 1% por cada 5cm de profundidade.

A rasante da superfície terminada não deve exceder em nenhum ponto a rasante teórica em mais de 15mm. A largura da camada reciclada não deverá ser inferior ou exceder 10cm da largura estabelecida nos perfis tipo.

A espessura da camada não deverá ser inferior em nenhum ponto ao especificado no projecto.

A irregularidade superficial deverá ser avaliada pelo IRI que deverá cumprir o especificado no quadro 28.

Quadro 28 – Valores admissíveis de IRI (m/km) para camadas recicladas “in situ” com emulsão

Percentagem da extensão da obra	IRI (m/km)
50	≤2,5
80	≤3
100	≤4,0

Critérios de aceitação da unidade terminada

A densidade obtida nos tarolos não deverá ser inferior à especificada nas *especificações da unidade terminada*. Apenas dois dos resultados da baridade em ensaio Proctor poderão ser inferiores ao previsto em 2%. Se a média da baridade obtida em ensaio Proctor for inferior a 97% da densidade da baridade de referência será feita a remoção da camada por fresagem. Se a média da baridade obtida em ensaio Proctor for superior a 97% da densidade da baridade de referência será aplicada uma penalização económica de 10% sobre o custo da camada.

A espessura obtida não deverá ser inferior a espessura especificada. Apenas dois dos tarolos ensaiados poderão apresentar resultados inferiores a 10% da espessura prevista. Se a espessura média obtida for inferior ao especificado deverá compensar-se a espessura na camada seguinte.

As diferenças de cota entre a superfície acabada e a superfície teórica não deve exceder as tolerâncias especificadas nem devem existir zonas que retenham água. Quando a tolerância não é verificada por defeito e não existem problemas de encharcamento as diferenças de cota podem ser compensadas na camada seguinte. Quando a tolerância não é verificada por excesso as diferenças de cota devem ser corrigidas por fresagem.

Os resultados da medida da regularidade superficial devem cumprir o especificado nas especificações da unidade terminada. Se os resultados excedem os limites em mais de 10% será realizada fresagem para corrigir os defeitos. Se os resultados excedem os limites em menos de 10% será aplicada uma penalização económica de 10%.

3.22. TRABALHOS ESPECIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

3.22.1. FRESAGEM DE CAMADAS DE PAVIMENTOS EXISTENTES

A zona de trabalhos deverá ser devidamente delimitada/marcada no pavimento devendo considerar-se um acréscimo à zona degradada a definir pela Fiscalização.

As acções de escarificação devem evoluir com precaução e em incrementos de espessura em profundidade, de forma a não danificar a camada subjacente, que irá servir de base ao novo pavimento.

À medida que forem fresadas, as misturas devem ser carregadas directamente para um camião para transporte a vazadouro ou reutilização, de acordo com o definido em projecto ou posteriormente, mediante a aprovação da Fiscalização, cumprindo a regulamentação ambiental vigente.

Deverão ser colocados em obra os meios mecânicos de limpeza, necessários para assegurar a remoção dos produtos de fresagem que não forem carregados para o camião. A área de fresagem após execução dos trabalhos deverá estar convenientemente limpa.

A superfície subjacente deverá cumprir os critérios de aceitação especificados neste Caderno de Encargos para as diferentes camadas. A regularidade da superfície após fresagem, será medida com a régua de 3 m. Não são aceites desvios superiores a 0,01m, com a régua colocada em qualquer direcção.

3.22.2. SANEAMENTOS EM PAVIMENTOS EXISTENTES

Estes trabalhos incluem a escavação, remoção e transporte a vazadouro dos produtos escavados, eventual indemnização por depósito e preenchimentos de acordo com o definido no projecto. Serão executados em zonas de pavimento contaminadas por materiais inadequados, na generalidade argilosos e siltosos, que inviabilizam as necessárias condições de suporte e drenagem da fundação. Os trabalhos consistem no saneamento e reconstrução dos volumes saneados de acordo com a localização e espessura definidas no projecto.

Deve ser feita a definição e delimitação da zona objecto de intervenção, marcando de forma geométrica a zona a reparar, excedendo em aproximadamente 0,20 m a superfície degradada.

Posteriormente será feito o corte/serragem do pavimento com ferramentas adequadas, de preferência com disco de corte ou ferramenta hidráulica, escavação e remoção de todo o material com equipamento mecânico adequado, na profundidade definida em projecto, que poderá ser alterada pela Fiscalização, se a avaliação das condições in situ o exigirem.

A reconstrução da estrutura do pavimento, deverá ser feita de acordo com o definido no projecto, cumprindo os requisitos/propriedades exigíveis neste Caderno de Encargos para a execução das camadas preconizadas. Devem ser devidamente asseguradas as condições de drenagem e se necessário a implementação de soluções que permitam a não contaminação dos solos. O preenchimento dos volumes saneados só será permitido após a validação das condições de fundação pela Fiscalização.

3.22.3. ESCARIFICAÇÃO E RECOMPACTAÇÃO DE PAVIMENTOS EXISTENTES DE ACORDO COM A ESPESSURA DEFINIDA NO PROJECTO

O processo de escarificação consiste na desagregação do pavimento existente, na espessura definida em projecto e posterior compactação para homogeneização da plataforma de apoio conferindo-lhe características de acordo com os critérios de aceitação definidos neste Caderno de Encargos para os diferentes tipos de camadas.

A escarificação poderá ainda ser efectuada para promover a ligação entre camadas. Os trabalhos de compactação devem cumprir o estipulado no *capítulo 1 – Terraplenagens*.

A espessura dos trabalhos de escarificação deve ser definida em projecto e situar-se num intervalo entre 15 a 30 cm, salvo diferente indicação da fiscalização, em função das condições in situ.

3.22.4. ENCHIMENTO EM AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA, PARA REGULARIZAÇÃO E/OU REPERFILAMENTO DE PAVIMENTOS EXISTENTES

O material deverá cumprir o especificado em 3.4.1. *Agregado britado de granulometria extensa* para execução de camadas de base.

3.22.5. SELAGEM OU ELEMENTO RETARDADOR DA PROPAGAÇÃO DE FISSURAS EM PAVIMENTOS DEGRADADOS

3.22.5.1. Características dos materiais

Com misturas betuminosas

Os materiais deverão cumprir o especificado neste Caderno de Encargos para o tipo de mistura betuminosa.

Com revestimentos superficiais

Os materiais deverão cumprir o especificado neste Caderno de Encargos para o tipo de revestimento superficial a ser utilizado.

Com microaglomerado a frio

Os materiais deverão cumprir o especificado em 3.17.1. *Características dos materiais para Microaglomerado a frio.*

Em Slurry Seal

Os materiais deverão cumprir o especificado em 3.15.1. Slurry Seal Simples

Geotêxtil impregnado como base para interface retardadora da propagação de fissuras

O fornecimento do material na obra deve ser acompanhado de certificados de origem e ficha técnica, bem como do boletim de ensaios que caracterize o lote de fabrico.

O geotêxtil a utilizar como base impregnável na constituição de interfaces retardadoras do processo de propagação de fissuras, deverá satisfazer as seguintes prescrições:

- Ser insensível à acção de ácidos ou bases, inatacável por micro-organismos e submetido à aprovação da Fiscalização. Deverão ainda conter estabilizadores e/ou inibidores adicionados à sua base a fim de tornar os seus filamentos resistentes à deterioração por exposição aos raios ultravioletas e ao calor.
- Apresentar textura e espessura homogêneas, não podendo as condições de armazenamento comprometer a sua futura colocação em obra (gelo ou embebição em água) nem tão pouco as suas características (exposição a radiação solar, sais minerais e poeiras). Assim, e até à sua utilização, os rolos terão que permanecer protegidos em plástico opaco.
- No caso de ter havido deficiências no transporte, armazenamento ou manuseamento, com rotura do plástico protector, será necessário eliminar as primeiras espiras do rolo afectado. Não poderá ser aplicado em obra sem a prévia aprovação da Fiscalização.
- Gramagem (EN 965)..... 100 a 150 g/m²
- Resistência à tracção, mínima (EN ISO 10319)8 kN/m
- Alongamento, mínimo (EN ISO 10139)..... 50%
- Espessura, a 2 kN/m², mínima (EN 964/1).....1 mm
- Ponto de fusão, mínimo (ASTM D 276)..... 150 °C
- Retenção de betume (TASK FORCE 25 (US FHWA))..... 0,9 a 1,3 l/m²

Em princípio, deverão aplicar-se geotêxteis não tecidos, agulhados e de filamento contínuo.

A utilização de geotêxteis termosoldados não é permitida no presente domínio específico, a menos que se trate de material já impregnado, com ligante betuminoso adequado, em fase de fabrico. Neste caso, deverá o Adjudicatário solicitar do fabricante uma listagem de aplicações realizadas com sucesso, que possibilite à Fiscalização uma tomada de decisão melhor fundamentada.

O ligante deverá cumprir as especificações mencionadas em 3.1.9.3. *Emulsões betuminosas catiónicas* para colagem e impregnação de geotêxteis.

3.22.5.2. Métodos construtivos

Imediatamente antes do início dos trabalhos dever-se-á proceder à limpeza da superfície interna das fissuras e bordos adjacentes, permitindo uma maior adesão do produto selante.

As fissuras a selar deverão estar perfeitamente secas e isentas de pó, óleos ou qualquer outra matéria estranha.

A aplicação do geotêxtil só deverá ser iniciada após a avaliação das condições da superfície subjacente pela Fiscalização tendo em conta a metodologia de trabalhos estabelecida em projecto. A superfície a tratar deverá apresentar-se isenta de sujidade, detritos e poeiras. A avaliação das condições superficiais, desempenho e estado da superfície a tratar, poderá implicar a execução de trabalhos preparatórios de reparação, incluindo o preenchimento de deformações/correção de irregularidades e selagem de fissuras de abertura superior a 1,5 mm, a execução de camada em mistura betuminosa de pré-regularização ou trabalhos de fresagem pontuais. Em superfícies com fissuração do tipo “pele de crocodilo”, com fissuras de abertura superior a 5 mm, deverá proceder-se a trabalhos de fresagem, associados se necessário a uma pré-regularização. Estes procedimentos deverão ser definidos em projecto podendo em fase de obra ser ajustados em função da evolução das patologias verificadas.

O geotêxtil deve apresentar-se homogeneamente impregnado de ligante e colado ao pavimento na sua totalidade. Será interditada a circulação sobre o geotêxtil, devendo proceder-se a um ligeiro ensaibramento com mistura betuminosa, na zona de circulação dos camiões abastecedores da respectiva pavimentadora.

Concluída a aplicação do geotêxtil, deverá proceder-se de imediato ao espalhamento e compactação da mistura betuminosa de recobrimento.

A Fiscalização deverá, em obra, tomar as providências necessárias para que a camada de recobrimento do geotêxtil não venha a ser danificada devido à exposição por um tempo excessivamente prolongado ao tráfego, promovendo junto do Adjudicatário acções de planeamento tendentes a minimizar o desfasamento entre aquela situação e a conclusão da estrutura de reforço projectada.

A aplicação do material selante deverá ser feita com equipamento mecânico adequado a este tipo de trabalhos. As exigências de conformidade dos materiais, a metodologia de execução dos trabalhos e os requisitos exigidos para o cumprimento dos critérios de aceitação são os definidos neste Caderno de Encargos para a execução das misturas betuminosas respectivas.

A abertura ao tráfego só deverá ocorrer 1 a 2 horas após a aplicação do produto e será função da temperatura ambiente. No sentido de evitar a aderência do produto às rodas dos veículos, em caso de necessidade de abertura imediata ao tráfego, deverá espalhar-se sobre a faixa intervencionada areia ou agregado fino.

3.22.6. REPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS COM AS CARACTERÍSTICAS DOS EXISTENTES, DESIGNADAMENTE EM ZONAS DE ABERTURA DE VALAS PARA INSTALAÇÃO DE REDES DE SERVIÇOS PÚBLICOS OU OUTROS

Antes do início dos trabalhos o Adjudicatário deverá apresentar à Fiscalização, com antecedência mínima de 30 dias, uma proposta com a metodologia de execução dos trabalhos e equipamentos a utilizar.

O adjudicatário deverá tomar as necessárias medidas no sentido de acautelar/preservar eventuais infra-estruturas existentes (cabos, canalização subterrânea...) cuja localização tenha decorrido do processo de identificação e levantamento de Serviços afectados junto das entidades responsáveis aquando da elaboração do projecto. Em caso de omissão de projecto o adjudicatário deverá proceder ao referido levantamento antes da execução dos trabalhos. Estes trabalhos incluem, a carga e transporte a vazadouro ou preferencialmente a reutilização dos produtos sobrantes, de acordo com a legislação vigente.

Os requisitos para a execução das camadas a executar são os definidos neste Caderno de Encargos nas respectivas rubricas relativas aos vários tipos de camadas.

3.22.7. ENCHIMENTO E/OU REGULARIZAÇÃO DE BERMAS EM SOLOS SELECIONADOS

As características dos materiais e a metodologia de execução dos trabalhos serão os descritos para execução das camadas em solos seleccionados estipulada em 3.2. *Camadas em solos ou materiais granulares com características de sub-base.*

3.22.8. PAVIMENTAÇÃO DE PASSEIOS

A pavimentação de passeios poderá ser executada em calçada de cubos com dimensões 5x5x5 ou em calçada de pedras de chão.

Para a calçada de cubos serão cumpridas as especificações para os materiais e as metodologias de execução descritas em 3.18. *Calçada de cubos ou paralelepípedos.* Os cubos terão normalmente dimensões inferiores.

Para a calçada de pedras de chão serão cumpridas as especificações para os materiais e as metodologias de execução descritas em 3.19. *Calçada em pedras de chão.*

3.23. CONTROLO DA QUALIDADE

3.23.1. DIRECTIVA COMUNITÁRIA DOS PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

A directiva Comunitária dos produtos de construção foi criada com o objectivo de enquadrar o funcionamento do mercado interno Europeu dos produtos da construção, estabelecendo condições para a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu. Esta Directiva define as exigências essenciais para as obras de construção. Foi transposta para a ordem jurídica portuguesa através de dois diplomas: o Decreto-Lei nº 113/93 e a Portaria nº 566/93 do Ministério da Indústria e Energia. Com o objectivo de harmonizar as disposições relativas à aposição e à utilização da marcação CE, alguns dos artigos foram modificados pela Directiva do Conselho 93/68/CEE que foi transposta em Portugal pelo Decreto-Lei nº 139/95, alterado pelo Decreto-Lei nº 374/98. Com a publicação do Decreto-Lei nº 4/2007, procedeu-se a novos ajustamentos.

A marcação CE garante que os produtos estarão aptos para serem utilizados em obra e caso estas sejam convenientemente concebidas e realizadas garante que irão permitir satisfazer as exigências essenciais da DPC.

A marcação CE é obrigatória quando:

- Os produtos estejam destinados a serem incorporados ou utilizados de forma permanente na obra;
- Os produtos estejam colocados no mercado comunitário;
- Existam normas harmonizadas (NA), aprovações técnicas europeias (ATA ou ATAG) ou especificações técnicas nacionais referenciadas no Jornal Oficial da União Europeia.

Os produtos de construção para os quais não for necessária a marcação CE devem apresentar certificação da sua conformidade com especificações técnicas em vigor em Portugal.

Os produtos para os quais não seja obrigatória a marcação CE e não possuam certificação da conformidade deverão possuir homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

3.23.1.1. Marcação CE

De acordo com o artigo nº 2 do Artigo 3 do Decreto nº 4/2007, *“Presumem-se aptos ao uso a que se destinam os produtos nos quais esteja aposta a marcação CE, indicativa de que os mesmos obedecem ao conjunto de disposições do presente Decreto-Lei, incluindo os procedimentos de avaliação de conformidade previstos nos artigos 6º e 7º”*

A responsabilidade de afixação da marcação CE é do seu fabricante ou do seu representante no Espaço Económico Europeu. Este deverá efectuar os procedimentos de avaliação de conformidade previstos na Norma harmonizada aplicável ao produto e apor a marcação CE no próprio produto, num rótulo nele fixado na respectiva embalagem ou nos documentos comerciais de acompanhamento antes da colocação no mercado. É obrigatória ainda uma declaração de conformidade emitida por ele ou então, dependendo dos casos, um Certificado de Conformidade CE emitida pelo organismo Notificado. As declarações ou certificados de conformidade para os produtos a aplicar a nível nacional serão obrigatoriamente escritos em língua portuguesa.

3.23.1.2. Declarações de conformidade

De acordo com o número 3 do artigo 3º do Decreto-lei 4/2007, podem ser colocados no mercado sem ter aposta a marcação CE:

- Os produtos que constem da lista de produtos menos importantes no que diz respeito aos aspectos de saúde, limpeza e de segurança, elaborada pela Comissão Europeia, desde que acompanhados de uma declaração de conformidade com as boas praticas técnicas
- Os produtos que satisfaçam disposições nacionais relativas à certificação obrigatória até que as especificações técnicas Europeias referidas no artigo 5º obriguem à aposição da marcação CE.

3.23.1.3. Documentos de Homologação

Sempre que os produtos não forem obrigados à aposição da marcação CE nem à certificação da sua conformidade com as especificações técnicas em vigor em Portugal, é necessária a homologação feita pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de modo a garantir que são cumpridas as exigências essenciais que constam no anexo I do referido Decreto-Lei.

Poderão ser aceites produtos não homologados desde que esta tenha sido dispensada pelo LNEC e desde que essa dispensa seja devidamente justificada num comprovativo escrito no qual sejam discriminados os certificados de conformidade que atestaram a satisfação das referidas exigências essenciais das obras.

3.23.2. REQUISITOS PARA ACEITAÇÃO DOS MATERIAIS

É da responsabilidade do adjudicatário verificar se os produtos sujeitos a marcação CE têm a marcação nos próprios produtos, nas etiquetas ou nos documentos que acompanham os produtos e se a marcação CE é acompanhada das indicações que permitam identificar as características dos produtos em função das especificações técnicas: informação que consta da Aprovação Técnica Europeia (ETA ou ETAG) do produto ou do Anexo ZA que identifica as secções relativas às exigências ou requisitos essenciais e outras disposições relativas à marcação CE, da norma harmonizada.

Terá de ser apresentada à Fiscalização a declaração de conformidade CE com a norma harmonizada do produto feita pelo fabricante ou seu representante. Terá também de ser apresentado, dependendo do sistema de avaliação da conformidade a que o produto está sujeito:

- O certificado de conformidade do produto na norma harmonizada do sistema de avaliação 1 ou 1+;
- O certificado do controlo de produção em fábrica na norma harmonizada do sistema de avaliação da conformidade 2 ou 2+;
- O boletim de ensaios emitido pelo laboratório, no caso de sistema de avaliação da conformidade ser o 3.

Para os materiais que estejam em conformidade com as especificações técnicas em vigor em Portugal o Adjudicatário deverá verificar a conformidade do produto com as especificações técnicas em vigor em Portugal. Deverá ser apresentada à Fiscalização o certificado de conformidade do produto.

Nos restantes materiais deverá ser apresentado à Fiscalização o Documento de Homologação emitido pelo LNEC que estabelece a aptidão do produto ao uso pretendido. Nos casos em que esta homologação tenha sido dispensada deve ser apresentado o comprovativo que comprove a dispensa e os certificados de conformidade emitidos por entidade aprovada que permitiram essa dispensa.

Todos os materiais a aplicar na empreitada tem de cumprir as normas nacionais existentes.

Será rejeitado todo o material que não cumpra o especificado neste Caderno de Encargos.

3.23.3. CONTROLO DE QUALIDADE DOS MATERIAIS

O controlo de qualidade dos trabalhos respeitantes às empreitadas é da responsabilidade do Adjudicatário. Este deverá apresentar no início dos trabalhos, juntamente com o programa de trabalhos e cronograma financeiro, um plano de garantia e controlo de qualidade, bem como o responsável pela sua implementação que deverão merecer o acordo da EP. Este plano deverá contemplar no mínimo, o

tipo e frequência de ensaios que em seguida se descriminará. A EP na qualidade de dono da obra, com competência de Fiscalização disporá de meios humanos e materiais que possibilitam um controlo por amostragem dos ensaios realizados.

Este controlo realizado pela EP não isenta o Adjudicatário de responsabilidade de deficiências e anomalias de construção que sejam da sua responsabilidade.

3.23.4. EQUIPAMENTO LABORATORIAL PARA REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Previamente à sua instalação, o Adjudicatário deverá submeter à aprovação da fiscalização um projecto esquemático do laboratório, acompanhado de uma relação dos meios humanos e de equipamento (incluindo viaturas) que pretende afectar em exclusivo à obra.

Não poderá ser iniciado qualquer tipo de trabalho, exceptuando os de sinalização, sem que esteja assegurada pelo Adjudicatário a disponibilidade, em obra, do equipamento laboratorial e do pessoal devidamente habilitado, necessários para efectuar o seu “controlo de qualidade” permanente.

Este equipamento poderá ser também utilizado pela Fiscalização, sempre que esta o desejar.

O Adjudicatário deverá dispor na obra equipamento suficiente para a realização dos ensaios que se descrimnam nos quadros 29, 30 e 31.

Quadro 29 – Designação e normas/especificações dos ensaios a realizar em solos, rocha e agregados

Código do ensaio	Designação do ensaio	Norma ou especificação
TA	Teor em água de solos e agregados	NP-84
BS	Baridade “in situ”: solos/agregados	LNEC E 204
LL	Limite de liquidez	NP 143
LP	Limite de plasticidade	NP 143
GR	Granulometria de solos e agregados	NP EN 933-1
EA	Equivalente de areia	NP EN 933-9
ILA	Índices de lamelação e alongamento	BS 812
PEPS	Densidade de partículas	NP 83
PEAA	Massa volúmica e absorção de água de inertes	NP 954; NP 581
CBR	Ensaio CBR	EN 13286-47
Azmet	Determinação ao valor de azul de metileno	Afnor 18-592
Pmb	Percentagem de material britado	NLT 58/90
ELA	Ensaio de desgaste na máquina de “ Los angeles”	NP EN 1097-2

Quadro 30 – Designação e normas/especificações dos ensaios a realizar em cimentos e betões hidráulicos

Código do ensaio	Designação do ensaio	Norma ou especificação
RC	Resistência de betões hidráulicos à compressão, a i dias	E 226
RTF-i	Resistência de betões hidráulicos à tracção, por flexão, aos i dias	LNEC E 227 e 255
RTpeb-i	Idem, por compressão diametral em provetes fabricados em laboratório (ensaio brasileiro), aos i dias	ASTM C 496
Rtceb-i	Idem por compressão diametral em carotes retiradas do pavimento	ASTM C 496
VC	Ensaio de compactação do material granular estabilizado com ligantes hidráulicos (Método do Vibro – Compactador)	BS 1924 – Test 5
Waltz	Determinação da consistência – Grau de compatibilidade de Betão fresco	ISO 4111
IRC	Ensaio de imersão compressão	MIL-STD-620 A

Quadro 31 – Designação e normas/especificações dos ensaios a realizar em ligantes e misturas betuminosas

Código do ensaio	Designação do ensaio	Norma ou especificação
PELB	Peso específico de ligantes betuminosos	LNEC E 35
PENB	Ensaio de penetração de betumes	EN 1426
EC	Determinação da resistência conservada baseada na norma (adaptada a provetes Marshall)	ASTM D 1075
Adli	Ensaio de adesividade” aglutinantes inertes”	JAE P-53
M	Ensaio Marshall	EN 12697-34
PB	Determinação da percentagem em betume, por centrifugação ou pelo método e refluxo	ASTM D 2172
BMTpv	Determinação da baridade máxima teórica pelo método do vácuo	EN12697-5
EM/C	Emulsões – Mistura com cimento	EN 12848
Mareia	Profundidade da macrotextura da superfície do pavimento através da “Mancha de Areia”	EN 13036-1
B	Determinação da baridade de misturas compactadas	ASTM D 2726
Bs	Baridade in situ das misturas betuminosas	
RC	Compressão simples de misturas betuminosas	ASTM D 1074 – 80
C	Ensaio “ Cântabro” sobre misturas betuminosas porosas	NLT 352
CP/D	Ensaio Cântabro de Perda de desgaste	NLT 362
PERM	Permeabilidade (misturas betuminosas porosas) “in situ” medida com LCS	NLT 327
WTAT	Ensaio abrasivo com roda molhada	NLT 173
ETORS	Ensaio de torção	ASTM D 3910
EPBrit	Ensaio do pêndulo Britânico	EN 13036-4
Reg	Medição da irregularidade de camadas de pavimentos: ensaio com régua	EN 13036-7
IRI	Índice de irregularidade longitudinal	EN 13036-5

3.23.5. FREQUÊNCIA DE ENSAIOS

O Adjudicatário obriga-se a satisfazer as frequências mínimas de ensaios indicados nos quadros seguintes, as quais naturalmente deverão ser ajustadas sempre que condições de heterogeneidade ou suspensão o determinem. Para além destes ensaios a fiscalização poderá tomar amostras e mandar proceder, por conta do Adjudicatário, a análises, ensaios, provas em laboratórios, certificados à sua

escolha e, bem assim, promover as diligências necessárias para verificar se mantém as características do material. No início de cada semana serão entregues à fiscalização os boletins dos ensaios realizados na semana anterior. Os boletins de ensaio a utilizar respeitarão a forma em uso na EP. Os ensaios serão sempre referenciados aos perfis transversais do projecto, normalmente de 25 m em 25 m.

Em obras na plataforma de estradas em exploração, a referência será concretizada relativamente aos marcos hectométricos e quilométricos.

Nas obras de beneficiação e em zonas de alargamento deve duplicar-se a frequência de ensaios definida neste item.

Os ensaios são identificados pelo código de referência indicado nas listas constantes em 3.23.4- *Equipamento laboratorial para realização de ensaios*.

3.23.5.1. Materiais para camadas granulares com características de sub-base

Solos seleccionados

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2.500m ³ ou p/dia de trabalho
LL	1	Por cada 2.500m ³ ou p/dia de trabalho
LP	1	Por cada 2.500m ³ ou p/dia de trabalho
EA	1	Por cada 2.500m ³ ou p/dia de trabalho
Azmet	1	Por cada 2.500m ³ ou p/dia de trabalho
CP	1	Por cada 10.000m ³ ou p/dia de trabalho
CBR	1	Por cada 10.000m ³ ou p/dia de trabalho
TA	3	Em cada 12,5 m
BS	3	Em cada 12,5 m
Reg (3m)	1	Em cada 25m e alternando em cada faixa de rodagem

Agregado de Granulometria Extensa (aluvionar ou britado)

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia *
LL	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia *
LP	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia *
EA	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia *
Azmet	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia *
ELA	A repetir conforme heterogeneidade	
Pmb	1	Por cada 10.000m ³ ou 1 por dia *
PEAA	1	Por cada 10.000m ³ ou 1 por dia *
TA	3	Em cada 12,5 m
BS	3	Em cada 12,5 m
Reg (3m)	1	Em cada perfil da faixa de rodagem

* A executar durante a aplicação em obra e/ou durante a criação de stocks

3.23.5.2. Materiais para camadas granulares com características de base

Agregado Britado de Granulometria Extensa

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
LL	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
LP	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
EA	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
Azmet	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
ELA	A repetir conforme heterogeneidade	
Pmb	1	Por cada 10.000m ³ ou 1 por dia
PEAA	1	Por cada 10.000m ³ ou 1 por dia
TA	3	Em cada 12,5 m
BS	3	Em cada 12,5 m
Reg (3m)	1	Em cada 25 m por faixa de rodagem

3.23.5.3. Materiais para camadas de misturas com ligantes hidráulicos

Em solo-cimento

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada dia de trabalho
LL	1	Por cada dia de trabalho
LP	1	Por cada dia de trabalho
EA	1	Por cada dia de trabalho
CP	1	Por cada semana de trabalho
RTpeb (7 e 28d)	2x3	Por cada dia de trabalho
TA	3	Em cada 12,5 m
BS	3	Em cada 12,5 m
RT	1	Carote em cada 200 m
Reg (3m)	1	Em cada 25m por faixa de rodagem

Em agregado britado de granulometria extensa tratado com ligantes hidráulicos

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
EA	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
Azmet	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 por dia
PEAA	1	Por cada 10 000m ³ ou 1 por dia
ELA		A repetir conforme heterogeneidade
VC	6	Provetes por cada período trabalho
RTpeb-7	3	Provetes
RTceb-28	3	Provetes
TA	3	Em cada 12,5 m
BS	3	Em cada 12,5 m
RcTeb-28	1	Carote em cada 200 m por faixa

Em betão pobre cilindrado

O tipo e frequência de ensaios são o preconizado em para agregado britado de granulometria extensa tratado com ligantes hidráulicos

Em betão pobre vibrado

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período e trabalho
EA	1	Por período e trabalho
TA	1	Por período e trabalho
ELA	1	Por duas semanas de trabalho
Waltz	1	Por camião
RTF-7	1 Grupo	De 3 provetes por período de trabalho
RTF-28	1 Grupo	De 3 provetes por período de trabalho
RTF-90	1 Grupo	De 3 provetes por período de trabalho
RC-7	1 Grupo	De 3 provetes por período de trabalho
RC-28	1 Grupo	De 3 provetes por período de trabalho
RC-90	1 Grupo	De 3 provetes por período de trabalho

3.23.5.4. Materiais para misturas betuminosas a frio

Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 dia por dia
EA	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 dia por dia
Azmet	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 dia por dia
ELA		A repetir conforme heterogeneidade
Pmb	1	Por cada 10 000m ³ ou 1 por dia
PEAA		A repetir conforme heterogeneidade
TA	3	Em cada 12,5 m
BS	3	Em cada 12,5 m
PB	1	1 Por dia
RCmb	1	1 Por semana
RC	1	1 Por semana

Mistura de betuminosa aberta a frio

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 dia por dia
EA	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 dia por dia
Azmet	1	Por cada 2.500m ³ ou 1 dia por dia
PEAA	A repetir conforme heterogeneidade	
ELA	A repetir conforme heterogeneidade	
PB	1	1 Por dia
RCmb	1	1 Por semana

3.23.5.5. Misturas betuminosas a quente**Fíler**

Granulometria – 2 ensaios por cada fornecimento, com um mínimo de 50 t, salvo se se tratar de cimento ou cal hidráulica c/ controlo de fabrico.

Macadame betuminoso com características de base

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
EA	2	Por semana de trabalho
Azmet	2	Por semana de trabalho
ELA	1	Por 2 semanas de trabalho
PEAA	1	Por 2 semanas de trabalho
ILA	1	Por 2 semanas de trabalho
ADLi	A repetir conforme heterogeneidade	
RC	1	Provetes por semana de trabalho
PB	1	Por período de trabalho
BMTpv	1	Por cada semana de trabalho
B	1	Carote em cada 200 m
Reg(3m)	1	Em cada 25 m por faixa de rodagem

Semi-penetração betuminosa com características de regularização

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
ELA	1	Por 2 semanas de trabalho
ILA	1	Por 2 semanas de trabalho
Reg (3m)	1	Em cada 25 m por faixa de rodagem

Macadame betuminoso com características de regularização

O Tipo e frequência de ensaios é o preconizado para Macadame betuminoso com características de base

Mistura betuminosa densa em camada de regularização

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
EA	2	Por semana de trabalho
Azmet	2	Por semana de trabalho
ELA	1	Por 2 semanas de trabalho
PEAA	1	Por 2 semanas de trabalho
ILA	1	Por 2 semanas de trabalho
ADli	A repetir conforme heterogeneidade	
M	2x3	Provetes por semana de trabalho
RC	2x3	Provetes por semana de trabalho
PB	1	Por período de trabalho
BMTpv	1	Por cada semana de trabalho
B	1	Carote em cada 200 m
Reg (3m)	1	Em cada 25 m por faixa de rodagem

Argamassa betuminosa com características de regularização

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
EA	2	Por semana de trabalho
Azmet	2	Por semana de trabalho
ADli	A repetir conforme heterogeneidade	
M	2x3	Provetes por semana de trabalho
RC	2x3	Provetes por semana de trabalho
PB	1	Por período de trabalho
B	1	Carote em cada 200 m
Reg(3m)	1	Em cada 25 m por faixa de rodagem

Argamassa betuminosa com betumes modificados com características de regularização

O Tipo e frequência de ensaios é o preconizado para Argamassa betuminosa com características de regularização.

Em betão betuminoso subjacente a camadas de desgaste drenantes ou delgadas com 0,05 m de espessura

O Tipo e frequência de ensaios é o preconizado para a mistura betuminosa densa para camadas de regularização.

Em betão betuminoso com características de desgaste

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
EA	2	Por semana de trabalho
Azmet	2	Por semana de trabalho
ELA	1	Por 2 semanas de trabalho
PEAA	1	Por 2 semanas de trabalho
ILA	1	Por 2 semanas de trabalho
ADli	A repetir conforme heterogeneidade	
M	2x3	Provetes por semana de trabalho
RC	2x3	Provetes por semana de trabalho
PB	1	Por período de trabalho
BMTpv	1	Por cada semana de trabalho
B	1	Carote em cada 200 m
Reg(3m)	1	Em cada 25 m por faixa de rodagem
Mareia	1	Em cada 500 m
EPBrit	1	Em cada 500 m

Em argamassa betuminosa com características de desgaste

O Tipo e frequência de ensaios são os preconizados para a argamassa betuminosa com características de base.

Em argamassa betuminosa com betumes modificados com características de desgaste

O Tipo e frequência de ensaios são os preconizados para a argamassa betuminosa com características de base.

Em mistura betuminosa com gravilhas duras incrustadas para camada de desgaste

O Tipo e frequência de ensaios são os preconizados para o betão betuminoso com características de desgaste.

3.23.5.6 Materiais para tratamentos superficiais

Microaglomerado de betuminoso a frio

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
EA	1	Por período de trabalho
TB	1	Por período de trabalho
Mareia	1	Em cada 500m
EPBrit	1	Em cada 500m

Nota: o ensaio WTAT (Wet Track Abrasive Testing) será realizado no estudo e sempre que houver necessidade de substituir os inertes ou a emulsão. Quando a abertura ao tráfego tiver que ser imediata terá que se realizar o ensaio de torção.

Revestimentos superficiais

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
GR	1	Por período de trabalho
ELA	1	Por 2 semanas de trabalho
P	1	Por 2 semanas de trabalho
ADli	1	Por 2 semanas de trabalho
Mareia	1	Em cada 500m
EPBrit	1	Em cada 500m

3.23.5.7 Camadas recicladas

Reciclagem “in situ” com cimento

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
G	1	1 por lote e por recicladora
Rc	2x3	2 x 3 por lote e por recicladora
W	3	3 em cada 12,5m
B _s	3	3 em cada 12,5 m
B	3	3 por lote e por recicladora
Reg	1	1 em cada 25m por faixa de rodagem

Reciclagem “in situ” com emulsão betuminosa

Código de ensaio	Nº de ensaios	Período ou quantidade correspondente; critérios
G	1	1 por lote e por recicladora
IRC	2x3	2 x 3 por lote e por recicladora
W	3	3 em cada 12,5m
B _s	3	3 em cada 12,5 m
B	3	3 por lote e por recicladora
Reg(3m)	1	1 em cada 25m por faixa de rodagem

4

OBRAS ACESSÓRIAS

4.1. REVESTIMENTO VEGETAL

4.1.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Todos os materiais utilizados nos trabalhos de revestimento vegetal, bem como sementes, árvores e arbustos, poderão ser submetidos a ensaios para verificação da sua boa qualidade, tendo em vista a natureza dos trabalhos e o fim a que se destinam.

Em situações não previstas no projecto, todos os materiais e equipamentos necessários à boa execução da obra, deverão ser propostos pelo Adjudicatário e previamente aprovados pela Fiscalização.

4.1.1.1. Materiais orgânicos e verdes

Água

A água a empregar nos trabalhos deverá ser limpa e isenta de resíduos ou impurezas, bem como de quaisquer outros produtos prejudiciais à boa execução dos trabalhos e ao normal desenvolvimento das espécies vegetais.

Fertilizantes

O adubo químico azotado deverá ter uma percentagem de azoto mínima de 20%.

O adubo químico ternário deverá ser colocado doseando pelo menos 10-10-10 de N.P.K.

Correctivos

Os correctivos orgânicos serão de preparação industrial e doseados com pelo menos 40% de matéria orgânica:

- Para hidrossementeira: Biohum ou equivalente;
- Para sementeira clássica e plantações: Fertor, Ferthumus ou equivalente;

Os correctivos químicos serão: Agroliz ou equivalente.

Fixadores

Os fixadores poderão ser de origem vegetal, orgânica ou sintética, conforme indicado no projecto ou proposto pelo Adjudicatário, e desde que aprovado pela Fiscalização tendo em vista o sucesso dos trabalhos. Poderão ser utilizados:

- Algas enriquecidas com poliuronidos;
- Colóides de origem vegetal, os polímeros orgânicos;
- Polímeros plásticos;
- Resina líquida sintética.

Protectores

Os protectores deverão ser produtos de origem vegetal com elevada capacidade de protecção e de acondicionamento das sementes e do solo. Poderão ser utilizados:

- Palha;
- Biomulch ou equivalente.

Atilhos

Devem ser de ráfia, cordel de sisal ou material plástico, devendo possuir resistência e elasticidade suficientes para a função pretendida, sem danificar as plantas.

Tutores

Os tutores deverão ser constituídos por varolas de pinho ou eucalipto, tratados por imersão em solução de sulfato de cobre a 5%, durante quatro horas.

Deverão ter uma dimensão de pelo menos 1,5m quando aplicados em árvores e de 1,0 m quando aplicados em arbustos.

4.1.1.2. Materiais Vegetais

Sementes

As sementes a aplicar deverão corresponder às espécies indicadas no projecto e possuir um grau de pureza e a faculdade germinativa exigidos por lei para as espécies constantes das tabelas oficiais.

As não representadas nas tabelas oficiais, deverão ser provenientes da última colheita, isentas de sementes estranhas e impurezas, e possuir uma faculdade germinativa de pelo menos 60%.

Árvores e arbustos

As plantas a colocar deverão ser exemplares novos, com um bom desenvolvimento e conformação tanto do sistema radicular como da parte aérea, com flecha intacta e em perfeito estado sanitário. Não poderão apresentar sinais de poda que altere a conformação natural da planta. As plantas de folha caduca serão fornecidas em raiz nua e deverão possuir um sistema radicular bem desenvolvido. As plantas de folha persistente serão fornecidas com torrão, devendo este apresentar-se consistente. Quanto às alturas, deverão estar compreendidas entre os valores indicados no quadro 32.

Quadro 32 – Altura das árvores e arbustos

Tipo de planta	Altura
Árvores de folha caduca	1,5m a 2,0m
Árvores de folha resistente	0,5m a 0,8m
Arbustos de folha caduca	0,6m a 1,0m
Arbustos de folha resistente	0,4m a 0,6m

4.1.1.3. Materiais não especificados

Todos os materiais não especificados neste Caderno de Encargos deverão satisfazer às condições técnicas do projecto, sujeitas à verificação e aprovação prévia pela Fiscalização.

4.1.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Os processos de limpeza e desmatção, decapagem e aplicação da terra viva nos taludes foram já abordados no capítulo 1 – *Terraplenagens* em 1.8.2. *Revestimento com terra vegetal*.

Neste capítulo apenas serão referidos os processos construtivos referentes à colocação de árvores, arbustos ou herbáceas .

4.1.2.1. Preparação do Terreno

Abertura de covas

Após a marcação dos locais de plantação de árvores e arbustos de acordo com o projecto, será feita a abertura mecânica ou manual das covas. Estas terão uma profundidade de 0,60 ou 0,40 m, conforme se trate de árvores ou arbustos e de 0,60 m de diâmetro ou de lado.

O fundo e os lados das covas deverão ser picados para permitir uma melhor aderência da terra de enchimento.

Sempre que a terra retirada quando da abertura das covas seja de má qualidade, deverá ser substituída por terra viva da superfície.

Fertilizações

A fertilização será feita de acordo com as quantidades de adubo, correctivo e fixador indicadas no projecto e dependentes da natureza dos terrenos. Deverão ser espalhados uniformemente à superfície do terreno e incorporados nele, manual ou mecanicamente.

A fertilização das covas das árvores e dos arbustos será feita à razão de 100 g de adubo químico ternário por cada cova. Aplicar-se-ão ainda 5 kg de correctivo orgânico e em caso de necessidade, 100 a 150 g de um correctivo cálcico por cada árvore ou arbusto plantados.

4.1.2.2. Sementeiras

As sementeiras deverão efectuar-se no período que decorre entre meados de Setembro e meados de Novembro.

A execução de sementeiras fora do período referido só será autorizada pela Fiscalização a título excepcional e mediante proposta devidamente justificada do Adjudicatário.

O método de sementeira que se entende como mais adequado é o método de hidrossementeira.

Em situações pontuais previstas no projecto ou propostas pelo Adjudicatário à Fiscalização, poderá ser autorizado para além da hidrossementeira, o método de sementeira clássico.

Hidrossementeira

Este método de sementeira consiste na projecção de uma mistura hídrica, contendo o lote de sementes, os fertilizantes, os correctivos e os estabilizadores.

A composição da mistura e respectivas quantidades serão resultantes das especificações do projecto.

Na hidrossementeira efectuada em taludes desprovidos de terra viva, serão adicionados os fixadores e protectores definidos no projecto ou propostos pelo Adjudicatário e aceites pela Fiscalização, com vista ao sucesso dos trabalhos.

A hidrossementeira será realizada em duas aplicações, de acordo com as especificações do projecto, mas compreendidas num intervalo que mediará entre as 4 e as 6 semanas.

Sementeira clássica

Consiste no espalhamento manual ou mecânico das sementes à superfície do terreno, após o que se procederá ao seu enterramento. Este enterramento poderá ser feito picando o terreno com um ancinho seguido de uma rolagem, ou por meio de duas passagens com rolo tipo “Cross Kill”. Imediatamente a seguir deverá proceder-se à primeira rega, devendo água ser pulverizada e distribuída de forma homogénea.

Sementeira ao covacho

Utiliza-se para as sementes de espécies arbóreas, que pela sua dimensão não sejam passíveis de ser projectadas pelo bico do hidrossemeador.

Efectua-se com a abertura de pequenas covas, com 0,20 m de profundidade e de lado, sendo colocada em cada uma duas ou três sementes da espécie pretendida. Imediatamente a seguir, procede-se à cobertura das sementes e ao preenchimento dos covachos com terra, ao que se seguirá uma rega abundante.

4.1.2.3. Plantações

As plantações deverão ser efectuadas no período que decorre entre os finais de Novembro e a primeira quinzena de Março, sempre em data posterior à época das sementeiras. Após a mistura íntima entre a terra retirada quando da abertura das covas, com os fertilizantes definidos em projecto, proceder-se-á ao preenchimento destas com a terra fertilizada. Imediatamente a seguir proceder-se-á a uma ligeira

compactação. Depois das covas cheias com terra fertilizada e compactada, abrem-se pequenas covas de plantação com a medida do sistema radicular ou do torrão, após o que se procederá à plantação propriamente dita. Depois de se ter procedido à plantação e à fixação das plantas aos respectivos tutores, deverá abrir-se uma caldeira e proceder de imediato a uma abundante rega, para que se dê a necessária aderência entre a terra e as raízes.

Após o fim da plantação das árvores, proceder-se-á à plantação dos arbustos, seguindo-se os mesmos métodos indicados para as árvores.

4.1.2.4. Rede de rega

Em situações pontuais e definidas no projecto proceder-se-á à instalação de rede de rega.

Antes da abertura das valas deverá proceder-se à piquetagem de todos os locais de implantação das válvulas ou aspersores e no termo dos percursos dos tubos.

As valas serão abertas manualmente ou mecânicamente e terão 0,40 m de profundidade e 0,40 m de largura. Depois de colocada a tubagem, o tapamento dos tubos deverá ser feito com terra isenta de pedras na zona de contacto directo com os tubos.

A fim de evitar posteriores abatimentos, a terra deverá ser bem compactada.

A altura das válvulas e aspersores, deverá ser indicada no projecto relativamente à cota do terreno.

O sistema de rega deverá poder ser convenientemente drenado. Para tal deverão ser instaladas válvulas de drenagem nos pontos mais baixos do sistema.

A rede de rega instalada deverá garantir uma distribuição adequada e homogénea de água, pelas zonas a regar. Caso se verifique a existência de falhas que não tenham sido previamente assinaladas pelo Adjudicatário, as eventuais correcções necessárias constituirão seu encargo.

A ligação à rede geral deverá ser feita por meio de uma válvula de cunha em bronze ou latão, de modo a permitir isolar o sistema em caso de avaria.

A tubagem e respectivos acessórios deverão obedecer ao preconizado no projecto no que respeita a dimensões, localização, natureza e qualidade dos materiais.

As bocas de rega deverão ficar sempre ao nível da superfície do terreno ou dos pavimentos.

Todas as tubagens antes de entrarem em serviço, deverão ser submetidas a uma prova de ensaio para detecção de quaisquer fugas eventualmente existentes, ou de falta de cobertura da área prevista para ser regada.

Esta prova de ensaio consistirá na ligação do sistema de rega à rede geral, observação da estanquicidade de todos os elementos à pressão da rede e verificação da cobertura da área prevista para ser regada. Todas as deficiências deverão ser corrigidas de imediato, só podendo as valas serem tapadas após um novo ensaio do sistema.

4.1.2.5. Transplante de árvores

Em situações pontuais e devidamente indicadas e especificadas no projecto de integração paisagística, poderá haver necessidade de se proceder ao transplante de árvores que ocupem a zona de implantação da futura via.

O transplante deverá permitir mudar a árvore de local sem lhe danificar significativamente o sistema radicular.

Trabalhos preparatórios

Como primeiro passo deverá ser definida a localização final da árvore a transplantar, bem como a preparação dos acessos a utilizar durante o transporte das árvores.

Deverá também ser feita a prévia limpeza do terreno e o levantamento de pavimentos que eventualmente existam no local e que possam dificultar as operações.

Depois de devidamente assinaladas as zonas de intervenção, deverá construir-se em redor das árvores a transplantar uma caldeira com raio variável entre 1,5 m e 3 m e com um camalhão com altura compreendida entre 0,30 m e 0,40 m consoante o porte das árvores a transplantar.

Após a construção das caldeiras conforme indicado anteriormente, deverá proceder-se, com uma antecedência mínima de 48 horas, a uma rega abundante dos exemplares a transplantar, com quantidades de água que variem entre os 500 L e os 2000 L de acordo com as dimensões da caldeira e do exemplar a transplantar.

Abertura das covas

Depois de previamente determinado o local para onde será feito o transplante, deverá proceder-se à abertura da cova. Esta cova será aberta pela máquina usada no transplante, com as mesmas dimensões da cova feita para retirar a árvore a transplantar.

Correcções do solo

Os solos arenosos constituem o meio ideal para a efectivação dos transplantes, pelo que não é necessário proceder a qualquer correcção. Caso os solos sejam de fraca qualidade do ponto de vista agrícola, a terra das covas deverá ser retirada e substituída por areia.

Em situações de solos mais texturados e coerentes, deverá colocar-se uma camada de areia entre o torrão e as paredes da cova, de modo a conseguir-se um maior arejamento e uma diminuição da resistência do solo à penetração das raízes.

Colocação da árvore em local definitivo

Neste processo deverão seguir-se os seguintes passos:

- Abertura da cova;
- Colocação de uma camada de gravilha na base da cova com 0,10 m de altura;
- Colocação do torrão com a árvore a transplantar sobre a camada de gravilha sem abrir as pás da máquina;
- Preenchimento manual com areia, do espaço entre as paredes da cova e o torrão;
- Abertura das pás para assentamento do torrão.

Poda

O equilíbrio entre o sistema radicular e a parte aérea é um parâmetro essencial para a sobrevivência da árvore.

Qualquer intervenção numa das partes terá imediata repercussão na outra.

Dado que o transplante implica a redução de uma parte substancial do sistema radicular, será necessário actuar sobre a copa para refazer o equilíbrio.

Para tal deverá utilizar-se o método inglês, com a redução do volume da copa num valor máximo de 30%, respeitando a estrutura da árvore e aplicando a “técnica do corte correcto”, segundo os critérios de Alex Shigo.

No caso das árvores ou arbustos perenifólios é indispensável a aplicação de antitranspirantes.

Vala de enraizamento

Deverá ainda abrir-se na caldeira uma vala de enraizamento com 0,40m de profundidade e 0,25 m de largura. Esta vala deverá voltar a ser cheia com um substrato de enraizamento constituído por 70% de areia lavada e 30% de matéria orgânica e estimulantes do crescimento tipo Bioalgium e Agrosil, em quantidades que oscilem entre o 1,5kg e os 3kg e o 1kg e os 2,5kg, respectivamente.

Rega e fertilização

Deverá proceder-se a uma rega abundante, com água a baixa pressão, em quantidades que oscilem entre os 600L e os 2000L, dependente do porte da árvore transplantada.

Simultaneamente deverá ser feita uma adubação química, com adubo químico ternário de libertação lenta (12.12.17) mais duas unidades de magnésio, tipo Nitrofoska azul, em doses que variem entre 1 kg e 2 kg por árvore transplantada, de acordo com o seu porte.

A caldeira deverá ser coberta com uma camada de “Mulch” que não entre em contacto com o tronco.

Imobilização e tutoragem

Dado que no processo de transplante a planta sofre uma diminuição no seu sistema radicular, reduzindo assim a sua capacidade de fixação ao solo, há que proceder à sua imobilização.

Para isso podem usar-se vários tipos de tutores (em tripé, em quadripé, etc) ou de cabos aéreos.

O tipo de tutor e o método a usar deverá ser proposto pelo Adjudicatário e previamente aprovado pela Fiscalização.

4.1.2.6. Trabalhos no período de garantia

Disposições Gerais

O período de garantia dos trabalhos de revestimento vegetal corresponde ao da obra global.

Neste período, o Adjudicatário será responsável pela execução de todos os trabalhos tendentes a garantir o normal desenvolvimento das espécies vegetais sementeiras ou plantadas, bem como à

reposição de plantas que se encontrem doentes ou mortas e à ressementeira das zonas que apresentem deficiência de cobertura vegetativa em 10% ou mais da totalidade da área semeada.

Ao terminar o período de garantia, os taludes deverão apresentar pelo menos um arbusto, constante do lote de sementeira aplicado, em cada m². Caso contrário o Adjudicatário será obrigado a efectuar nova sementeira.

Para as plantações exigir-se-á um sucesso mínimo de 90%, sem o que o Adjudicatário ficará obrigado às necessárias retanchas.

Ficam excluídos desta garantia os casos graves provocados por fenómenos da natureza, nomeadamente chuvas torrenciais e incêndios.

Regas

Deverão efectuar-se regas localizadas nas espécies arbóreas e arbustivas, plantadas em todas as zonas da obra.

A sua periodicidade deverá ser semanal durante os meses de Primavera e Verão. Apesar de não se prever a necessidade de efectuar regas noutras épocas do ano, a sua realização poderá tornar-se necessária em casos de Verões muito quentes e Outonos e Invernos pouco chuvosos.

Nestas condições, poderá ainda verificar-se a necessidade de efectuar regas na vegetação semeada, com uma periodicidade quinzenal ou sempre que se verifique o seu emurchecimento.

As regas a efectuar fora do período normal, motivados por períodos de seca excepcionais, constituirão também encargo do Adjudicatário.

Fertilizações

Durante o mês de Março seguinte à execução dos trabalhos de revestimento vegetal deverá proceder-se a uma fertilização em cobertura, de todas as áreas semeadas, com adubo químico azotado, com pelo menos 20% de azoto, nas quantidades especificadas no projecto.

Ressementeiras

No período compreendido entre meados de Setembro e meados de Novembro do ano seguinte à execução das sementeiras, deverão ser ressemeadas todas as zonas que se apresentem deficientemente revestidas tal como definido anteriormente nas *Disposições Gerais* relativas nos *Trabalhos no período de garantia*.

Retanchas

No período compreendido entre os finais de Novembro e a primeira quinzena de Março do ano seguinte à execução das plantações, deverão ser substituídas todas as árvores e arbustos que tenham morrido ou apresentem um deficiente desenvolvimento vegetativo e/ou sanitário.

As substituições serão feitas por exemplares da mesma espécie e que se apresentem bem conformados, com um grau de desenvolvimento normal para a idade e em bom estado fitossanitário.

Cortes de vegetação

Durante o período de garantia da obra deverão ser feitas ceifas e roçagens da vegetação, tendo em vista o corte e remoção da vegetação seca ou queimada, a eliminação das espécies consideradas como invasoras e das que se desenvolvam junto às bermas, impedindo assim a perfeita visibilidade da sinalização vertical.

A vegetação deverá ser sempre cortada, à excepção das espécies consideradas como invasoras, que deverão ser arrancadas e queimadas.

São consideradas invasoras as seguintes espécies:

- Acácia melanoxylon (Mimosa),
- Acácia dealbata (Acácia)
- Eucalyptus (Eucaliptos)
- Carpobrotus edulis (Chorão)
- Ailanthus altissima (Árvore do Paraíso).

Toda a vegetação herbácea, arbustiva e arbórea que se encontre instalada nos taludes, deverá ser cortada numa faixa de 2 m de largura medidos a partir do topo da valeta longitudinal ou da crista dos taludes de aterro.

Todos os exemplares da espécie *Rubus ulmifolius* (Silva) que se encontrem nos taludes, deverão ser cortados e queimados independentemente do local onde se encontrem.

Constitui encargo do Adjudicatário a remoção para o exterior da obra e transporte a vazadouro de todo o material cortado, não sendo permitido a realização de queimadas na zona ou na proximidade da estrada.

O período de realização destes trabalhos terá início no mês de Abril e terminará no mês de Outubro, tendo-se em atenção o ciclo vegetativo das espécies, por forma a que os cortes não sejam efectuados após a frutificação e maturação das herbáceas infestantes.

Todas as valetas, incluindo aquelas que se encontram nas banquetas e cristas de talude, deverão manter-se desafogadas de vegetação; para tal deverá efectuar-se o corte de toda a vegetação arbórea e arbustiva numa faixa de um metro para cada lado da valeta.

A frequência destes trabalhos será determinada pelo desenvolvimento da vegetação que nunca deverá ser superior a 0,30 m de altura.

Limpeza

Após a conclusão da obra, todos os produtos residuais designadamente restos de solos, materiais granulares, betão e betão betuminoso, deverão ser total e completamente removidos da zona da obra.

De todas as áreas sobranes, nomeadamente zonas de empréstimo ou depósito, estaleiros e antigos caminhos que tenham sido desactivadas, deverá ser feita a escarificação e remoção dos pavimentos, bem como proceder-se ao seu tratamento paisagístico.

Reconstituição de vedações e compartimentações

Todas as vedações de propriedades e compartimentações da paisagem, danificadas no decorrer da obra, deverão ser adequadamente reconstituídas.

Nas vedações utilizar-se-ão, sempre que possível, os materiais e técnicas das vedações iniciais, de modo a garantir a integração eficaz das partes novas no conjunto primitivo.

A reconstituição das compartimentações deverá ser sempre feita de acordo com os mesmos critérios, nomeadamente pela replantação dos elementos vegetais das sebes vivas, em conjugação com os trabalhos de revestimento vegetal dos taludes da estrada.

4.2. BARREIRAS ACÚSTICAS

4.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Todos os materiais utilizados na construção de barreiras acústicas, tradicionalmente o cimento, a madeira, os materiais metálicos, os compostos plásticos, o vidro, e os materiais cerâmicos, e como elementos absorventes a lã mineral e a fibra de vidro, etc. deverão ser acompanhados de certificados que garantam as especificações que se propõem alcançar.

Estes materiais “pré-fabricados” devem ser acompanhados, aquando da sua entrada em estaleiro, de certificados de origem e qualidade do fabrico, passados pelo fabricante, comprovativos das especificações constantes deste Caderno de Encargos. Devem ainda obedecer a:

- Sendo nacionais, às normas portuguesas, documentos de homologação de laboratórios oficiais, regulamentos em vigor e especificações deste Caderno de Encargos;
- Sendo estrangeiros, às normas e regulamentos em vigor no país de origem, desde que não existam normas nacionais aplicáveis. No entanto, os certificados deverão ser passados por laboratórios de reconhecida idoneidade, confirmada pelos laboratórios oficiais e/ou entidades oficiais.
- Especificações do fabricante.

As dimensões e os materiais constituintes deverão ainda apresentar as características discriminadas neste Caderno de Encargos, ou outras equivalentes, desde que patenteadas e previamente aprovadas pela Fiscalização.

Os tipos de materiais a utilizar serão os indicados no projecto. Em princípio, deverão ser escolhidos tendo em conta as seguintes características, que devem apresentar:

- Por razões acústicas, devem apresentar boas características de isolamento, dependendo dos casos, poderá ser necessário que tenham capacidade de absorção;
- Por razões de segurança e durabilidade, devem oferecer resistência aos agentes climatológicos e a outros agentes externos (fogo, agentes contaminantes, etc.);
- Por razões ambientais, poderão ter que apresentar determinada cor e textura, ser transparentes ou translúcidos ou apresentar determinada aparência.
- Não deverão provocar encandeamento, quer seja devido à reflexão da luz natural, quer seja devido aos faróis dos veículos ou à reflexão da luz projectada pelos dispositivos de iluminação existentes na estrada. Em alguns casos poderá evitar-se o encandeamento também à custa das disposições construtivas.

Deverão ser cumpridas as disposições constantes nas seguintes Normas Europeias para ser ensaiado o desempenho dos produtos:

- NP EN 1793-1 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Método de ensaio para determinação do desempenho acústico. Parte 1: Características intrínsecas da absorção sonora;*
- NP EN 1793-2 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Método de ensaio para determinação do desempenho acústico. Parte 2: Características intrínsecas do isolamento a sons aéreo;*
- NP EN 1793-3 – *Dispositivos de redução do ruído de tráfego rodoviário. Método de ensaio para determinação do desempenho acústico. Parte 3: Espectro normalizado do ruído de tráfego;*

Nos casos em que se colocam barreiras acústicas em ambos os lados da estrada (barreiras paralelas) deverá ter-se particular atenção ao tipo de material a colocar porque poderá dar-se o caso de as barreiras reflectirem o som entre elas, diminuindo o seu desempenho.

4.2.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

A altura dos painéis deve ser a prevista no projecto, em geral, não inferior a 2 m e não superior a 6-7 m.

Deverão criar-se zonas de transição nos extremos dos painéis, quer sejam em forma de pendentes regulares que diminuam a altura do painel progressivamente, quer sejam com recurso a elementos descontínuos de alturas decrescentes.

Quando o projecto preveja a instalação de portas de socorro, estas deverão ser capazes de serem abertas de ambos os lados do painel. Estas portas supõem uma interrupção no paramento do painel, pelo que deverá garantir-se que as suas características de comportamento acústico sejam similares aos dos restantes painéis.

Nos casos em que se coloquem barreiras acústicas em ambos os lados da estrada (barreiras paralelas) deverá ter-se particular atenção ao tipo de material a colocar, de modo a evitar-se reflectirem o som entre elas, diminuindo o seu desempenho.

4.3. MUROS DE SUPORTE, ESPERA OU VEDAÇÃO

4.3.1. MUROS EM ENROCAMENTO OU ALVENARIA DE PEDRA

Os materiais e os processos construtivos deverão cumprir, no que lhes for aplicável, todas as prescrições constantes no capítulo 1 – *Terraplenagens* e no capítulo referente as *Obras de Arte Integradas*. Para além disso deverão ser cumpridas todas as normas nacionais em vigor.

4.3.2. MUROS EM BETÃO CICLÓPICO

Os materiais e os processos construtivos deverão cumprir, no que lhes for aplicável, todas as prescrições constantes no capítulo 1 – *Terraplenagens* e no capítulo referente as *Obras de Arte Integradas*. Para além disso deverão ser cumpridas todas as normas nacionais em vigor.

4.3.3.MUROS EM BETÃO ARMADO

Os materiais e os processos construtivos deverão cumprir, no que lhes for aplicável, todas as prescrições constantes no capítulo 1 – *Terraplenagens* e no capítulo referente as *Obras de Arte Integradas*. Para além disso deverão ser cumpridas todas as normas nacionais em vigor.

4.3.4.MUROS DE GABIÕES

4.3.4.1. Características dos materiais

Os muros de gabiões são constituídos pelos seguintes materiais:

- Gabiões, que são estruturas paralelepípedicas, fabricadas com rede em forma de cesto, com tampa, que serão cheias com material rochoso;
- Arames para as amarrações, bordaduras e tirantes;
- Material rochoso, de boa qualidade, para enchimento dos gabiões;
- Geotêxtil para aplicação na interface do tardo dos muros, quando especificado no projecto;
- Material para aplicação no tardo dos muros.

Dimensões

Os gabiões poderão ter dimensões variadas. Terão, no entanto, de ser divididos em células por diafragmas dispostos de metro a metro, no sentido de limitar as deformações, no caso do seu comprimento ser igual ou superior a 2,0 m.

Admitem-se as seguintes tolerâncias máximas, com referência às dimensões nominais dos gabiões:

- No comprimento e na largura..... 3%
- Na altura..... 5%

As redes, dos gabiões e diafragmas, devem ser de arame de malha hexagonal galvanizada de dupla torção do tipo 8 x 10, conforme a norma UNI 8018.

Arame normal

Os arames a utilizar devem apresentar os seguintes diâmetros mínimos, com uma tolerância de +/- 2,5%:

- Arame das malhas2,7 mm (*)
- Arame das bordaduras..... 3,4 mm
- Arame das amarrações e dos tirantes 2,2 mm

(*) ou 3 mm quando o projecto o especifique

Todos os tipos de arames, quer sejam aplicados em malhas, bordaduras, amarrações ou tirantes deverão ter as seguintes características:

- Serem em aço macio, segundo as especificações da norma BS 1052/80.
- Apresentarem um alongamento antes da rotura não inferior a 12%. Estes ensaios deverão ser efectuados com amostras de arame virgem (antes de serem tecidos em rede), com 30 cm de comprimento.

- Apresentarem uma resistência à tracção compreendida entre 380 e 500 N/mm², segundo a norma BS 1052/80.
- Serem galvanizados, de acordo com as especificações da BS 443/82. As quantidades mínimas do revestimento de zinco são as seguintes, admitindo-se uma tolerância de +/- 10%:

Diâmetro nominal do arame (mm)	Peso mínimo de zinco (g/m ²)
2,2	240
2,7	260
3,0	275
3,4	275

Estas quantidades mínimas do revestimento e tolerâncias deverão ainda manter-se nos casos em que o projecto defina galvanização do tipo liga zinco/alumínio.

A aderência do revestimento, seja em zinco ou em liga zinco/alumínio, deverá permitir que após se terem dado seis voltas ao arame em torno de um mandril com um diâmetro igual a quatro vezes o diâmetro do arame em análise, não se registem fissuras, esfoliações ou escamações do mesmo sob a acção manual.

Arame revestido a PVC

Os arames revestidos a PVC devem obedecer a todas as prescrições atrás referidas para os arames normais, nomeadamente, devem apresentar as mesmas espessuras, antes da plastificação, e serem sujeitos ao mesmo processo de galvanização. Estes arames, que se destinam preferencialmente a ambientes muito agressivos, apenas diferem dos atrás especificados, pelo revestimento que apresentam em PVC, que deverá ser, no mínimo, de 0,4 mm.

As características construtivas e de resistência aos testes de envelhecimento do PVC deverão estar de acordo com as normas internacionais em vigor, designadamente:

- Peso específico compreendido entre 1,30 e 1,35 kg/dm³, de acordo com a norma ASTM D 792-66 (79);
- Dureza compreendida entre 50 e 60 Shore D, de acordo com a norma ASTM D 2240-75 (ISO 868-1978) e NBR 7456;
- Perda por volatilidade a 105° C por 24 horas não maior de 2% e a 105 °C por 240 horas não maior de 6%, de acordo com a norma ASTM D 1203-67 (74) (ISO 176-1976) e a ASTM D 2287-78;
- Carga de rotura superior a 210 kg/cm², de acordo com a norma ASTM D 412-75;
- Alongamento à rotura superior a 200% e inferior a 280%, de acordo com a norma ASTM D 412-75;
- Módulo de elasticidade aos 100% do alongamento superior a 190 kg/cm², de acordo com a norma ASTM D 412-75;
- Resistência à abrasão com perda de peso inferior a 190 mg, de acordo com a norma ASTM D 1242-56 (75);

- Temperatura de fragilidade, “Cold Blend Temperature” inferior a -30 °C, de acordo com a norma BSS 2782-104 A (1970) e “Cold Flex Temperature” inferior a +15 °C, de acordo com a norma BSS 2782-150 B (1976).
- A máxima penetração da corrosão na alma do arame, partindo pela extremidade de um corte nítido, deverá ser inferior a 25 mm, quando a amostra for imersa por 2000 horas em uma solução com 50% de HCl (Ácido Clorídrico 12Be).

Os ensaios específicos de envelhecimento artificial são:

- Ambiente marítimo: duração do ensaio – 1500 horas, segundo a norma ASTM B 117-73 (79);
- Exposição a radiações ultra-violeta: duração do ensaio – 2000 horas a 63 °C, segundo a norma ASTM D 1499-54 (77) e ASTM G 23-69 (75) -anexo E.
- Exposição a alta temperatura: duração do ensaio – 240 horas a 105 °C, segundo a norma ASTM D 1203-67 (74), (ISO 176-1976) e ASTM D 2287-78.

Depois de serem executados os ensaios de envelhecimento, a amostra deverá apresentar as seguintes características.

- **Aparência:** não apresentar rachaduras, descascamentos, bolhas de ar e variação significativa da sua cor;
- **Peso específico:** variação não superior a 6%;
- **Dureza:** variação não superior a 10%;
- Carga de rotura e alongamento: variação não superior a 25%;
- **Abrasão:** variação não superior a 10%;
- **Módulo de elasticidade:** variação não superior a 25%;
- **Temperatura de fragilidade:** “Cold Bend Temperature” não superior a -20°C e “Cold Flex Temperature” não superior a +18°C.

Material rochoso para enchimento dos gabiões (pedra)

O material de enchimento será seixo ou material rochoso proveniente de britagem. Deverá ser de boa qualidade, são, compacto, duro e inatacável pela acção dos agentes atmosféricos e sem fragmentos lamelares. As suas dimensões, obtidas por um qualquer processo de crivagem, estarão compreendidas entre 10 e 20 cm. No entanto, é tolerável material de maiores dimensões, até 30 cm, desde que o seu volume não ultrapasse 10% do volume total do gabião a preencher.

Os materiais de preenchimento devem ainda apresentar as seguintes características, a menos que a Fiscalização o dispense:

- Peso específico, mínimo 22 kN/m³
- Resistência à carga pontual, após molhagem (“point load test”), mínima 3,5 MPa

Os seixos ou material rochoso de pedreira com baixo peso específico, friáveis e congeláveis não podem ser utilizados.

O Adjudicatário deverá submeter à apreciação da Fiscalização a origem e a granulometria dos materiais a empregar.

Geotêxteis

O geotêxtil a colocar na interface entre os muros de gabiões e os terrenos confinantes, nas situações em que o projecto preveja a sua colocação, deverá ser dimensionado tendo em atenção as suas características, que deverão ser compatíveis com o terreno confinante, e ter função de separação e/ou filtro.

Deve ainda atender-se às prescrições constantes do capítulo 1 – *Terraplenagens* e do capítulo 2 – *Drenagem*.

Material para aplicação no tardo dos muros de gabiões

Estes materiais devem apresentar, depois de colocados em obra (após compactação), um ângulo de atrito interno compatível com o que presidiu ao dimensionamento do muro.

Não devem ser utilizados materiais que pelas suas dimensões e/ou meios de manuseamento possam por em causa a integridade das redes e das ligações ou dos geotêxteis, quando aplicados.

Em taludes de escavação, sempre que os espaços a preencher, entre o terreno natural e o muro, sejam reduzidos, iguais ou inferiores a cerca de 1 m, e não seja possível, por este facto, uma compactação eficaz, o material a utilizar deverá ser uma brita 10/20.

4.3.4.2. Processo construtivo

Fundações

A fundação do muro é directa, sobre um terreno compactado e com capacidade de suporte igual a pelo menos uma vez e meia a tensão máxima de compressão resultante do dimensionamento do muro.

Qualquer que seja a soleira de fundação definida no projecto, o acabamento da superfície deverá ser rugoso, plano e permitir que se desenvolva um atrito entre fundação/muro igual ao do muro/aterro. Deverá ainda a soleira ser inclinada para o interior do maciço ou aterro a suportar.

Drenagem

A percolação de águas no interior do muro e/ou as exurgências afluentes à interface com os terrenos contidos devem poder escorrer longitudinalmente ao longo do tardo da fundação, sendo evacuadas por drenos ou sanjas drenantes transversais, com espaçamento máximo definido no projecto.

Montagem de gabiões

Cada gabião deve ser montado individualmente próximo do local de implantação, levantando-se os painéis e, caso existam, unindo-se os diafragmas aos painéis laterais. O fio de costura deve passar através de todas as malhas da união, com uma volta dupla por cada duas malhas.

Deve ser dada particular atenção à execução das costuras, unindo as arestas ou superfícies a ligar convenientemente, de modo a que fiquem, após costura, perfeitamente justapostas, sem folgas.

União de gabiões

A união de gabiões deve ser garantida em todas as arestas, através de um atamento igual ao da montagem.

Só serão aceites outros tipos de ligação, como por exemplo os produzidos por equipamentos mecânicos, quando especificadas pelo fabricante e autorizadas pela Fiscalização.

É conveniente que o enchimento de um gabião se efectue só depois do mesmo ser ligado ao seguinte. Igualmente, numa fiada em construção, é conveniente que o último gabião da mesma não se encha enquanto não se juntar os restantes.

Enchimento dos gabiões

Como meios auxiliares de montagem “in situ”, ajuste e nivelamento da forma final do muro projectado, podem utilizar-se moldes constituídos por painéis rígidos, precariamente ligados às faces laterais do gabião, fios de nivelamento ou outras técnicas.

No enchimento de cada célula do gabião, que poderá ser por meios mecânicos ou manualmente, deve seguir-se a seguinte ordem e regras de execução:

- As pedras (ou blocos) de maiores dimensões devem ser arrumadas manualmente, empilhando-as preferencialmente nas faces exteriores. Deve ainda ser dada particular atenção ao enchimento dos cantos, ajeitando aí as pedras de maior dimensão, cuja forma melhor se lhes ajuste;
- Para evitar o embarrigamento da zona exterior da estrutura, serão colocados, à medida do ritmo de enchimento, tirantes transversais de montagem no interior do gabião, ligando as faces interior e exterior, por cada metro de parede, numa só direcção ortogonal (dois a 1/3 e dois a 2/3 da altura do gabião, se $h = 1$ m e dois a 1/2 da altura do gabião se $h = 0,5$ m). O arame dos tirantes deve passar pelo menos numa malha, em cada face do compartimento a ligar. Os tirantes podem ser fixados diagonalmente pelos cantos, em vez de perpendicular aos lados;
- O enchimento deve, em cada célula, ser levado, em toda a zona central, pelo menos 5 centímetros acima da altura nominal do gabião. O objectivo é compensar as deformações por assentamento resultantes do ajuste entre pedras e não defeitos de fabrico;
- No fecho da tampa do gabião será seguida a mesma técnica e usado o fio acima descrito para operações de ligação. Poderá ser usada outra técnica que confira uma ligação satisfatória entre os dois elementos, nomeadamente que não permita o seu levantamento manual.

Terreno ou aterro confinante

Quando o muro em gabiões se destine à contenção de um aterro, a execução deste, em camadas, deve conjugar-se com a execução sempre avançada do muro, sem que todavia se ultrapasse na construção dos gabiões mais do que uma fiada em avanço à altura do terrapleno construído.

Nestas situações, não devem empregar-se meios muito pesados de compactação vibrantes na proximidade do muro.

A disposição do geotêxtil, quando o projecto preveja a sua colocação, deve ajustar-se a todas as formas do muro sem pôr em causa o valor do atrito de ligação considerado no dimensionamento. Deverá ainda ser colocado de forma a evitar-se dobras e rasgamentos.

Nas situações do muro conter um talude de escavação, a colocação do material de enchimento no tardo do muro também deverá conjugar-se com a execução do muro, não se ultrapassando na construção dos gabiões mais do que uma fiada em avanço à colocação do material de enchimento.

4.4. PAREDES PARA ANCORAR OU PREGAR

4.4.1. Características dos Materiais

4.4.1.1. Betão armado

Deverão ser seguidas as prescrições constantes no capítulo relativo às Obras de Arte Integradas.

4.4.1.2. Betão projectado

Cimento

O cimento a utilizar será do tipo I, satisfazendo as definições, classes de resistência e características da NP EN 197-1 – *Cimento. Parte 1: “Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes.”*, nas suas emendas NP EN 197-1/A1 e NP EN 197-1/A3 e em posteriores emendas que sejam publicadas.

Agregados

Os agregados a usar obedecerão ao estipulado na NP EN 12620 – *“Agregados para o betão”*. Deverão ser limpos, fortes, duráveis, com granulometria adequada, isentos de pó, argila ou impurezas orgânicas. Os agregados grosseiros deverão ser isentos de elementos de grandes dimensões e a quantidade de finos com tamanho inferior a 0,1 mm não deverá exceder 2% da mistura total. O tamanho máximo dos agregados não deverá exceder 16 mm para o processo a seco e 12 mm para o processo a húmido. Os agregados deverão, de preferência, ter forma cúbica ou arredondada, devendo possuir uma granulometria cuidadosamente estudada e controlada de modo a obter-se uma boa compacidade do betão. Os agregados devem conter até um máximo de 3 a 5% de humidade de modo a obter-se a melhor qualidade evitando o início antecipado do endurecimento da mistura, quando aplicada por via seca.

Aditivos

Os aditivos deverão ser compatíveis com o cimento utilizado. A compatibilidade deverá ser testada em laboratório e em exames “in situ”, tendo em vista conseguir as propriedades necessárias de presa e resistência conforme é especificado neste Caderno de Encargos. A dosagem a ser usada será avaliada segundo ensaios desenvolvidos de acordo com os requisitos contidos neste Caderno de Encargos. Qualquer aumento de dosagem não poderá exceder 1% da quantidade de cimento da mistura em peso. A dosagem pode ser reduzida, se tal for necessário, no caso de injeções em posições verticais.

Água

A água a utilizar deverá ser doce e limpa obedecendo Norma NP EN 1008: – *Água de amassadura para betão. “Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico de betão.”* e a especificação do LNEC E372 – *“Água de amassadura para betões. Características e verificação da conformidade”*.

4.4.1.3. Aço para Malha Electrossoldada

A malha electrossoldada a usar deverá obedecer ao especificado sobre o assunto no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP).

4.4.1.4. Aço para Fibras metálicas

As fibras deverão ser de arame de aço trefilado, com uma resistência à tracção não inferior a 1100 N/mm².

As fibras metálicas, deverão ainda ter as seguintes características:

- Ter um comprimento suficiente para desenvolver uma aderência razoável e formar uma armadura efectiva no revestimento. Por outro lado, o comprimento estará limitado pela necessidade de as fibras não ocasionarem qualquer tipo de obstrução na máquina de projectar betão e na conduta flexível que as transporta;
- Apresentar uma forma adequada para conseguir um efeito de ancoragem nos extremos de cada fibra;
- Um diâmetro reduzido para ter mais fibras por unidade de peso, pelo que o número de fibras é aumentado e a distância entre fibras vizinhas é reduzida;
- Serão fornecidas em grupos colados de modo a evitar a formação de aglomerações que possam afectar a distribuição uniforme das fibras no revestimento de betão projectado;
- Dosagem mínima de fibras de 30 Kg/m² de betão projectado. A dosagem definitiva será autorizada pela Fiscalização com base no critério de equivalência do revestimento com respeito ao especificado com malha de aço;
- Deverá ser utilizado um tipo de fibras suficientemente testado em aplicações similares. A aceitação do tipo de fibra e dosagem final recomendada ficará ao critério da Fiscalização da obra.

4.4.1.5. Pregagens e ancoragens

Aço para pregagens

Tratam-se de varões de aço nervurado, com uma extremidade em bico e na outra com rosca adequada para receber uma placa de ancoragem e uma porca de fixação. Deverão ter uma carga de rotura mínima de 250 kN e os diâmetros indicados nos desenhos. A carga de rotura especificada refere-se a todo o sistema de ancoragem, incluindo o varão, a rosca, a porca e a placa.

As placas de ancoragem, as anilhas e as porcas têm de permitir a transferência satisfatória da força da pregagem para a casca de betão projectado, cambota metálica ou para a superfície da rocha, mesmo quando a placa de ancoragem não possa ser colocada exactamente na normal à pregagem. As placas de ancoragem deverão ser feitas de aço Fe360 e a forma quadrada de 150x150 mm e 8 mm de espessura.

As anilhas ou porcas terão um assento hemisférico de forma a permitir a sua instalação satisfatória e a transferência de carga, mesmo no betão projectado ou superfícies rochosas irregulares, sem criar tensões na barra de pregagem.

Aço para pregagens tipo “swellex”

Estas pregagens são realizadas em tubo de aço de 41 mm de diâmetro e 2 mm de espessura de parede, dobrado mecanicamente para um diâmetro externo de 27 mm. O seu fornecimento deverá ser feito nos comprimentos indicados nos desenhos do anteprojecto, devendo possuir uma carga de rotura superior a 110 kN.

Caso seja necessário, disporão de placas de ancoragem, e anilhas de fixação da rede electrossoldada.

Para a sua instalação é necessário que o empreiteiro disponha de equipamento adequado, incluindo bomba pneumática de água de alta pressão com braço de instalação.

Aço para armaduras de pré-esforço

Admite-se, em princípio, a utilização de qualquer dos tipos existentes no mercado, desde que sejam de proveniência reconhecida e apresentem, devidamente certificadas por documentos de homologação no país de origem, as características mecânicas previstas no sistema de pré-esforço que for adoptado.

Os aços a utilizar serão obrigatoriamente de baixa relaxação e as características a que devem obedecer não podem ser, em nenhum caso, inferiores às estabelecidas nas especificações aplicáveis, nomeadamente as seguintes:

- Euronorm 10138;
- British standard 5896-1980;
- ASTM-A 416-80 – para cordões;
- ASTM-A 722-80 – para varões.

Serão fornecidos junto com cada lote de aço os diagramas de tensões-extensões e os resultados dos restantes ensaios na origem que certificam as suas propriedades devendo ser claramente indicado o valor do módulo de elasticidade. Esses ensaios e os documentos comprovativos obedecerão ao especificado na norma que, conforme o tipo de aço a utilizar, lhe for aplicável.

Se a Fiscalização assim o entender serão executados os ensaios necessários para comprovação das características indicadas e dos valores dos módulos de elasticidade. Esses ensaios serão realizados de acordo com o especificado na EN 10138 ou em 9. e 23. da BS 5896-1980, seguindo-se em tudo as normas acima citadas e as regras de aceitação aí descritas.

Só poderão ser aplicados em obra, lotes de aço já ensaiados ou já aceites pela Fiscalização.

Se o transporte e o fornecimento forem efectuados em bobinas, elas devem ter obrigatoriamente um diâmetro tal que, aquando do seu desenrolamento os cabos não apresentem qualquer deformação. Para todos os efeitos o diâmetro interior das bobinas não poderá ser inferior a 200 vezes o diâmetro do fio mais espesso do cordão.

Serão tomadas todas as precauções no transporte e armazenamento de modo a impedir a corrosão e a contaminação dos aços.

Toda a duração de armazenamento em obra superior a um mês, dará lugar a uma verificação periódica do estado dos aços e à renovação, sempre que necessário, da matéria especial de protecção.

Todas as bobinas de aço serão devidamente identificadas pelo fornecedor, terão etiquetas com a inscrição de ensaiadas ou por ensaiar, e só deverão sair do armazém para serem utilizadas. As que não forem utilizadas deverão regressar imediatamente àquele.

Ancoragens de pré-esforço

As ancoragens do sistema de pré-esforço que o Adjudicatário propuser, e que venham a ser aceites pela Fiscalização, deverão ser de origem e ser acompanhadas das respectivas especificações (qualidade dos materiais, dimensões e tolerâncias), certificados de qualidade de controlo de conformidade e documentos de homologação

Só será aceite material de origem, isto é, não serão aceites quaisquer componentes que não tenham sido fabricados ou pela Empresa de origem do sistema que for aprovado ou em fábricas pelas quais a mesma se responsabilize.

A Fiscalização reserva-se o direito de mandar, de cada lote de trinta ancoragens de cada tipo, ensaiar uma delas por si escolhida, de mandar verificar se os materiais que a constituem correspondem às qualidades especificadas e se todas as dimensões estão dentro dos limites de tolerância indicados nos documentos de homologação apresentados pelo fabricante. Os encargos inerentes são da conta do Adjudicatário e encontram-se incluídos no preço do pré-esforço.

As armaduras serão conservadas no chão sem estarem sujeitas a qualquer esforço. Todas as partes expostas serão protegidas dos efeitos de corrosão pela utilização de uma gordura ou cera que não deverá absorver mais do que 0,5% de humidade e que não contenha sulfatos ou outros sais corrosivos. Todas as peças integrantes de uma ancoragem deverão ser protegidas de danos mecânicos e corrosão durante todas as fases de fabrico, armazenamento, transporte e instalação.

Os componentes de aço muito sensíveis a esforços de tracção não deverão estar sujeitos a temperaturas excessivas. Deverão ser protegidos com produtos adequados no caso de se proceder a cortes ou soldaduras em zonas próximas.

Em nenhum caso se deverão proceder a trabalhos de soldadura nesses componentes. os cortes a realizar nas armaduras serão feitos com discos ou serras apropriadas.

A composição química das armaduras e a pormenorização detalhada dos ensaios mecânicos requeridos deverão obedecer ao Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios ou aos Regulamentos Internacionais.

Todos os lotes de materiais devem ser convenientemente identificados em todas as fases de preparação das ancoragens. De cada armadura deve-se conservar uma amostra de cerca de 50 cm para realização ulterior de ensaios no caso de eles virem a ser considerados necessários. Em alternativa poder-se-à conservar amostras por lote de armaduras, desde que consideradas representativas.

Caldas de cimento para injeção

Serão constituídas por calda coloidal ou pasta de cimento com o traço determinado em ensaios, e com os ajustamentos necessários, também determinados em ensaios, para a quantidade de água e do plastificante em função da temperatura e do comprimento dos cabos a injectar.

O Adjudicatário submeterá à aprovação da Fiscalização, após estudos detalhados, a composição nominal da calda, precisando:

- A natureza, qualidade e origem dos constituintes;
- A dosagem de cada constituinte expressa em peso, com as tolerâncias admissíveis;
- A ordem de introdução dos constituintes no misturador.

De qualquer modo a relação água/cimento será a menor possível, compatível com a trabalhabilidade adequada e não deve ser superior a 0,40.

O cimento, do tipo I das classes 32.5 ou 42.5, deve respeitar, além das normas aplicáveis, ainda o seguinte:

- Não apresentar fenómenos de falsa presa;
- Ter um teor de ião cloro inferior a 0,05%;
- Não conter nem iões de enxofre nem qualquer outro elemento que possa provocar corrosão no aço.

O Adjudicatário proporá a marca do adjuvante que pretende utilizar, acompanhando a proposta de um certificado de origem indicando a data limite para além da qual o produto não deve ser utilizado, ficando desde já entendido que nesse adjuvante não deve existir nenhum produto corrosivo para o aço, como, por exemplo, cloretos ou alumínio.

Além da Norma NP EN 1008 e da especificação LNEC E 372 a água respeitará, adicionalmente, as especificações seguintes:

- Cloretos por ião Cl^- < 500 mg/l;
- Sulfatos por ião SO_4^{2-} < 400 mg/l;
- Ausência de detergentes.

Para o conjunto dos constituintes (cimento, água e adjuvante) o teor em iões agressivos será globalmente inferior a:

- 0,1% da massa de cimento em iões Cl^- ;
- 0,1% da massa de cimento em iões SO_4^{2-} ;
- Traços de iões S^{2-} .

As tolerâncias sobre as dosagens serão as seguintes:

- $\pm 2\%$ sobre a massa de cimento;
- $\pm 1\%$ sobre a massa de água;
- $\pm 2\%$ sobre a massa do adjuvante.

Serão conduzidos ensaios de acordo com as especificações da NP EN 445 – *Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Métodos de ensaio.*, devendo os resultados desses ensaios obedecer às especificações da NP EN 447 – *Caldas de injeção para armaduras de pré-esforço. Requisitos básicos.*

A mistura será estudada em função das condições locais e das condições reais de injeção, de modo a ter boa trabalhabilidade, a qual deverá ser sempre testada com o cone de Marshal. O tempo de escoamento pelo tubo inferior do cone deve ser inferior a vinte e cinco segundos até decorridos, pelo menos, trinta minutos após a fabricação da calda ou até ao fim do período de injeção.

A exsudação da calda, medida sobre provetes cilíndricos hermeticamente fechados, não deverá ser superior a 2% às três horas, nem a 3% como máximo absoluto, devendo a leitada absorver toda a água exsudada em vinte e quatro horas.

A variação de volume da calda, medida sobre provetes cilíndricos, deverá estar compreendida entre -1% e +5%. Se forem usados agentes expansivos não poderá haver diminuição de volume. O seu tempo de início de presa a 30°C deverá, em todas as circunstâncias de temperatura, ser superior a 3 horas.

Serão conduzidos ensaios sistemáticos de resistência aos 3, 7 e 28 dias para garantir a resistência exigida e afinar a composição da calda. Cada um desses ensaios será realizado, em cada amassadura, sobre, pelo menos, uma amostra de três provetes, ficando a critério da Fiscalização aumentar o número de amostras por amassadura.

A sua resistência à compressão aos 28 dias não poderá ser inferior a 50 MPa.

4.4.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

4.4.2.1. Betão armado

Serão cumpridas as prescrições constantes no capítulo relativo às obras de Arte Integradas

4.4.2.2 Betão projectado, malha electrossoldada e fibras metálicas

Definições

O betão projectado é um tipo de betão que é levado sob pressão até ao local de aplicação através de mangueira ou tubo apropriado, aplicado e compactado por disparo a alta velocidade contra as superfícies a proteger.

O método de aplicação do *betão projectado por via seca*, é um método de projecção em que a mistura seca composta de inertes, cimento e aditivo acelerador, é levada ao longo da mangueira à guia do jacto por ar comprimido, sendo a água acrescentada à mistura seca no bocal ou junto deste.

O método de aplicação do *betão projectado por via húmida*, é um método em que os inertes, cimento e água são bombeados directamente para o bocal. O aditivo acelerador é acrescentado no bocal ou junto deste. A guia do jacto ou bocal é um acessório colocado no final da mangueira por onde é conduzido o betão e projectado. O aditivo acelerador é um agente, líquido ou em pó, que provoca a rápida presa do betão aplicado. “Rebound” é a quantidade de betão que não se incorpora ao revestimento por cair no chão durante a operação de aplicação.

Plano de mistura

De forma a serem alcançados os requisitos de presa e resistência final, a mistura para o betão projectado será determinada por ensaios laboratoriais e testes “in situ”, como especificado a seguir. Serão tidos em conta os seguintes factores:

- Quantidade de cimento;
- Aditivos;
- Relação água-cimento;
- Presa e resistência;
- Temperatura da mistura.

Quantidade de cimento

Para o processo de betão projectado por *via seca* a quantidade de cimento não deverá ser inferior a 380 kg/m³ de mistura seca, devendo a quantidade de cimento ser determinada para se conseguirem os requisitos de resistência do betão quando aplicado no terreno. Para o método de aplicação de betão projectado por *via húmida* a quantidade mínima de cimento será de acordo com a mistura dum betão do tipo C 20/25. O Adjudicatário submeterá à aprovação da Fiscalização o respectivo estudo de formulação com uma antecedência de 30 dias. Nenhum trabalho poderá ser executado antes da sua aprovação e definição das fórmulas de trabalho.

Relação água/cimento

Para aplicação pela *via seca*, a quantidade de água será controlada pelo operador do bocal, atendendo às condições da superfície de aplicação e à localização da mesma. Um indicador de que a relação água/cimento estará correcta será a da aparência ligeiramente brilhante que o betão parecerá possuir imediatamente após a aplicação. Para aplicação pela *via húmida*, deverão ser efectuados ensaios “in situ” adequados para a determinação da quantidade de água ou da relação óptima de água/cimento.

Presa e resistência

Deverão ser usados aditivos aceleradores de presa para se atingirem, nas primeiras horas, resistências do betão aplicado, devendo ser efectuados ensaios adequados a determinar a dosagem correcta de aditivos para se alcançarem os objectivos pretendidos. A resistência à compressão do betão projectado aplicado (determinada em amostras recolhidas do revestimento ou em painéis de prova instalados para o efeito) deverá desenvolver-se progressivamente até à resistência final, de acordo com os requisitos mínimos a seguir especificados:

- 9 MPa às 24 horas;
- 17,5 MPa aos 7 dias.

Estes valores deverão ser determinados em ensaios de compressão uniaxial de provetes, devendo o desenvolvimento da resistência em testes de adequação exceder a resistência local, especificada num factor 1/0,85 (= 1,18). A resistência do betão à compressão aos 28 dias será, no mínimo, de 25 MPa.

Preparação, mistura e transporte

Por via seca, o cimento e os inertes serão preparados nas proporções especificadas, sendo a medição feita em peso. No momento da preparação, todos os inertes deverão estar secos ou suficientemente drenados para que resulte uma mistura estável e não se antecipe o seu endurecimento.

A mistura do cimento com os agregados será efectuada mecânicamente. O betão projectado não poderá ser usado se a sua colocação não puder ser completada no período de noventa (90) minutos após mistura. Este período de tempo deve ser mantido o mais curto possível, especialmente em épocas de elevadas temperaturas e humidade.

O tempo de mistura deverá ser suficientemente longo para se conseguir uma mistura homogénea dos componentes.

O Adjudicatário deverá criar um sistema de notas de entrega, com registo da data, hora de mistura, número, dosagens e granulometria da mistura, quantidade e local de aplicação, tempo de aplicação. Estas notas de entrega deverão ser entregues à Fiscalização.

No processo da via seca, serão acrescentados à mistura seca, aditivos de aceleração de presa do tipo líquido ou em pó. O aditivo em pó será proporcionado e acrescentado imediatamente antes que a mistura seca entre na máquina de betão através do doseador. O aditivo líquido é colocado por uma bomba especial e acrescentado à mistura seca no bocal ou junto deste.

No processo por via húmida apenas podem ser usados aditivos líquidos, devendo ser acrescentados à mistura no bocal ou próximo deste. A saída do aditivo deverá ser controlada de forma a obter-se proporcionalidade da quantidade com o betão. O bocal deverá dispor de dispositivo regulador de forma a garantir uma mistura homogênea do aditivo com a mistura húmida.

Aplicação do betão projectado

As superfícies rochosas ou que já tenham sofrido alguma aplicação anterior de betão, terão de ser cuidadosamente limpas de todos os materiais soltos, incrustações ou outras contaminações, através de jacto de ar comprimido e/ou, se necessário, a jacto de água.

A distância óptima entre o bocal e a superfície de aplicação é de 1,0 m a 1,5 m, devendo a direcção do bocal fazer ângulo recto com a superfície de aplicação.

A espessura máxima de betão a ser aplicado de uma só vez não poderá exceder 5 cm. Se a espessura tiver de ser aumentada, as camadas seguintes não devem ser aplicadas sem que a anterior tenha adquirido uma resistência suficiente para as receber. Estas camadas adicionais serão aplicadas num período que não poderá exceder três (3) dias. As malhas metálicas e outros reforços que sejam necessários instalar, deverão ser completamente envolvidos em betão projectado. O revestimento mínimo das malhas e varões metálicos aplicados deverá ser de 2 cm.

Se tiver de ser usada mais de uma camada de reforço, a segunda camada não deverá ser colocada antes da primeira estar completamente envolvida de betão projectado.

No caso de rocha se apresentar sã, o betão projectado acompanhará a superfície rochosa com o completo envolvimento das brechas e cantos. Caso ocorram saliências de rocha sã, a espessura real da camada de betão poderá ser muito pontualmente reduzida para 2/3 da espessura nominal especificada, caso a Fiscalização assim o entenda. Nestes casos, e quando haja que colocar um reforço com malhas metálicas, dever-se-á garantir uma adequada modelação e ajustamento das malhas às superfícies a revestir, de modo a otimizar a espessura do revestimento.

Após terminada cada operação de aplicação de betão projectado, o “rebound” será removido. Antes de qualquer outra aplicação de betão e no caso de se apresentar endurecido, o “rebound” terá de ser removido recurso a com martelos pneumáticos, especialmente nas ligações horizontais e em todas as juntas de construção. Em circunstância alguma o “rebound” poderá voltar a ser usado. A obra será continuamente mantida livre de materiais do “rebound”.

O controlo das espessuras será efectuado através de guias de visualização instaladas antes da projecção do betão ou por carotes recolhidas após o seu endurecimento. Para o efeito instalar-se-á previamente à execução do revestimento, um conjunto de guias colocadas segundo uma malha quadrada desfasadas em quincôncio com um afastamento de 5 m.

Ensaio de betão projectado

A compatibilidade dos aditivos e do cimento deverá ser testada em laboratório de forma a estabelecer os tempos de endurecimento e verificar se a adição do acelerador não leva a uma redução excessiva da resistência do betão à compressão.

No local da obra deverão ser efectuados ensaios para se determinar o endurecimento e a resistência do betão e estabelecer a dosagem adequada do aditivo do betão projectado aplicado “in situ”. Para cada tipo de aditivo considerado adequado nos ensaios de laboratório deverá ser efectuada uma prova da mistura com aplicação em painéis de prova com as dimensões de 500 x 500 x 200 mm, com a seguinte distribuição: duas provas por mistura em que uma será feita com projecção vertical de baixo para cima, se essa for uma das situações de aplicação em obra. Os painéis de prova deverão ser acondicionados em condições idênticas às da obra. Deverão ser testadas pelo menos três dosagens diferentes de cada tipo de aditivo. O leque de dosagens variará entre 2 e 7% do cimento em peso. A resistência à compressão será determinada em ensaios de compressão simples até à rotura em provetes cilíndricos com as idades de 1, 7 e 28 dias. Os provetes serão retirados dos painéis de prova que serão secos em condições similares às da obra e terão um diâmetro de 100 mm e a altura de 100 mm. Para o teste a 1 dia, as amostras não deverão ser recolhidas antes de decorridas 20 horas da aplicação e as outras serão retiradas, aproximadamente, 48 horas depois. Na recolha dos provetes deverá manter-se uma distância mínima de 100 mm das bordas do painel de prova. Para cada ensaio deverão ser retirados cinco provetes por idade. O valor médio dos cinco ensaios deverá estar de acordo com os requisitos de resistência especificados.

Malha electrossoldada

A malha electrossoldada será instalada de forma a acompanhar o mais possível todas as irregularidades das superfícies onde for instalada ou as camadas prévias de betão projectado. Deverá ser bem fixa para evitar vibrações ou mudança de posição durante a projecção do betão, devendo ser instalada na maior extensão possível numa única aplicação.

A sobreposição das malhas instaladas no revestimento de betão projectado deverá ser no mínimo de 20 cm.

Fibras metálicas

O betão projectado poderá ser armado com a adição de fibras metálicas cujas características e dosagem permitam um comportamento do revestimento pelo menos similar ao conseguido com a rede metálica especificada, em termos de resistência máxima e de comportamento dúctil depois da rotura.

Deverá ser utilizado um tipo de fibras suficientemente testado em aplicações similares. A aceitação do tipo de fibra e dosagem final recomendada ficará ao critério da Fiscalização da obra.

O betão projectado contendo fibras metálicas deverá obedecer, no que lhe for aplicável, a todos os requisitos do betão projectado simples conforme especificado neste Caderno de Encargos em 4.4.2.2 *Betão projectado, malha electrossoldada e fibras metálicas*

4.4.2.3 Pregagens

Características

As disposições contidas nesta secção referem-se a todas as pregagens a ser instaladas no reforço de taludes, muros ou outras estruturas geotécnicas, quer pontualmente, quer de forma sistemática.

Têm por objectivo a melhoria das características de resistência e deformabilidade do maciço.

Estes elementos serão instalados de acordo com a geometria e características previstas no Projecto. Estas geometrias e características, bem como o número de elementos a instalar, podem ser modificados pela Fiscalização em virtude da eventual necessidade de ajustamentos às condições locais, da experiência adquirida sobre as condições efectivas da escavação e da qualidade da rocha ocorrente.

Para efeitos deste Caderno de Encargos, entende-se como **pregagem** a inclusão no maciço, por cravação ou num furo previamente aberto, de um sistema constituído por uma armadura metálica solidarizada com o maciço ao longo de todo o seu comprimento.

As pregagens metálicas serão constituídas por varões de aço nervurado, cujas características estão especificadas neste Caderno de Encargos em 4.4.2.1. *Betão armado*, na parte referente a aço para pregagens.

Serão instaladas em furos realizados previamente no maciço e posteriormente envolvidas por caldas de cimento, resinas, ou simplesmente cravadas no maciço. No caso em que os varões são envolvidos por caldas de cimento, as pregagens possuem dois tubos de plástico de pequeno diâmetro, um curto e outro prolongado até à outra extremidade, sendo a injeção feita por um destes tubos e o outro servirá para saída de ar ou purga. Caso as condições do maciço o permitam, as pregagens poderão ser instaladas por cravação, mas só depois de prévia autorização da Fiscalização. Nestas condições não serão injectadas.

As pregagens passivas tipo Swellex (fixação por atrito) são realizadas em tubo de aço, cujas características estão especificadas neste Caderno de Encargos em 4.4.2.3 *Pregagens* na parte referente a aço para pregagens tipo Swellex. A instalação dos tubos é feita no interior de furos previamente executados. A expansão dos tubos, de modo a permitir o contacto do tubo com a superfície do furo e a sua adaptação às irregularidades, é conseguida por introdução de água a alta pressão no interior do tubo, obrigando à sua dilatação. Poderão ser usadas pregagens autoperfurantes, sendo o seu emprego sujeito a prévia aprovação da Fiscalização.

O Adjudicatário poderá propor à Fiscalização para aprovação, qualquer outro tipo de pregagens que considere mais conveniente, ou outro sistema ou materiais de injeção.

Pregagens de varões de aço

As pregagens de varão de aço serão instaladas em furos previamente executados e nas profundidades especificadas nos desenhos, com o diâmetro que melhor garanta o manuseamento para enchimento por injeção. O diâmetro mínimo dos furos será 10 mm maior que o diâmetro da pregagem a instalar. Os furos deverão ser limpos de todas as aparas de perfuração, lamas ou fragmentos de rocha solta.

A instalação da pregagem será feita imediatamente a seguir à perfuração e preparação do furo, no espaço máximo de 3 horas. Antes da instalação da pregagem (varão), o furo será injectado com argamassa de cimento através da introdução do tubo de injeção até ao fundo, sendo progressivamente retirado à medida que o furo fique preenchido. A agulheta será mantida no seio da argamassa enquanto o tubo é retirado, de modo a que o ar escape enquanto o furo é injectado. A pregagem só depois deste

preenchimento, é colocada no interior do furo. No caso de furos com dificuldade em manter a estabilidade da superfície interior, ou parcialmente desmoronado ou na presença de elevada quantidade de água, deverá usar-se o sistema de injeção com tubos de plástico. Nestes casos, após a abertura do furo procede-se à instalação da pregagem, sendo a boca do furo selada com argamassa de cimento de presa rápida.

Em seguida, a calda é injectada através de um dos tubos de plástico, enquanto o outro serve de purga. Em furos ascendentes, o tubo comprido é usado como purga e o curto para injeção; em furos descendentes, a calda é injectado pelo tubo comprido, servindo o curto para purga. O furo considera-se cheio quando a calda começar a sair pelo tubo de purga. A porca das pregagens injectadas tem de ser apertada depois da instalação, de modo a placa fique solidarizada contra o terreno, e de modo a atingir uma força de 20 kN na placa, verificada através de uma chave dinamométrica calibrada. Esta operação tem de ser executada o mais rápido possível, depois da argamassa de injeção ter ganho suficiente resistência (durante as primeiras 24 horas depois da injeção). No caso de haver pouco espaço de trabalho e/ou de pregagens compridas, será permitida a sua ligação, aceitando-se que sejam divididas em duas partes. Contudo, a capacidade de carga destas pregagens não poderá ser inferior ao valor da capacidade de carga da pregagem integral tipo, devendo prestar-se cuidados especiais ao processo de injeção de forma a obter-se o envolvimento completo da pregagem pela calda.

Pregagens do tipo swellex

As Pregagens tipo **Swellex** deverão ser instaladas em furos feitos com as profundidades necessárias para o comprimento destas. A pregagem deverá ser instalada em furos de diâmetros compreendidos entre 32 a 38 mm. Os furos deverão ser limpos de todas as aparas de perfuração, lamas ou fragmentos de rocha solta. A instalação da pregagem será feita a seguir à perfuração e preparação do furo, no espaço máximo de 3 horas. Com recurso a bomba pneumática, é injectada água sob alta pressão (30 MPa) na pregagem através do orifício de injeção existente na chumaceira junto à chapa, provocando a expansão do tubo de aço que adere à superfície do furo.

Para efeitos da determinação da capacidade das pregagens no terreno, deverá o Adjudicatário efectuar testes de resistência com todos os tipos de pregagens a usar. Os ensaios deverão ser realizados em condições geológico-geotécnicas similares às que serão encontradas durante a escavação. A localização das pregagens a serem testadas deverá ser decidida pela Fiscalização. Serão testadas, pelo menos, cinco (5) pregagens de cada tipo. Dependendo dos métodos e resultados dos ensaios, a Fiscalização poderá pedir mais testes posteriores. O Adjudicatário deverá dispor de equipamento de teste adequado ao ensaio das pregagens, medição da extensão, movimento da pregagem e forças de tensão. As pregagens em que ocorra rotura durante os ensaios de arranque, serão substituídas e novamente testadas.

Durante a escavação a Fiscalização seleccionará as pregagens que deverão ser ensaiadas. Para cada tipo de pregagem, poderão ser seleccionadas cinco (5) das cem (100) primeiras colocadas. Das pregagens restantes, poderá ser seleccionado uma por cada lote de duzentas (200). A força aplicada no teste deverá corresponder a pelo menos 80% da carga de rotura da pregagem. As pregagens em que ocorra rotura durante os ensaios de arranque, serão substituídas e novamente testadas. Em caso de falha nos ensaios, a Fiscalização poderá exigir novas pregagens na mesma área para serem testadas.

4.4.2.4. Ancoragens

Características

As disposições contidas nesta secção referem-se a todas as ancoragens a ser instaladas em obras de reforço de taludes, muros ou outras estruturas, quer pontualmente, quer de forma sistemática. Para efeitos deste Caderno de Encargos, entende-se como ancoragem ou tirante ancorado, a inclusão num furo previamente aberto no maciço, de um sistema constituído por uma armadura metálica solidária num dos seus extremos a uma zona interior do maciço (bolbo), e em que no outro extremo (cabeça), é absorvida a força de tracção exercida na zona livre da armadura.

A ancoragem é essencialmente um elemento estrutural que transmite uma força de compressão sobre o terreno. Através deste processo, gera-se no interior do maciço uma alteração do estado de tensão, o que contribui para o aumento da resistência ao corte nessas zonas.

Para efeitos deste Caderno de Encargos, e relativamente ao tipo de maciço onde vão ser executadas as ancoragens, considera-se a sua divisão em ancoragens em solos e ancoragens em rochas. Relativamente à utilização das ancoragens, considera-se a sua divisão em:

- Ancoragens provisórias – aquelas cuja função resistente envolverá um período de tempo igual ou inferior a 2 (dois) anos, não sendo pois determinantes nas características de estabilidade, a longo prazo, das obras onde serão realizadas.
- Ancoragens definitivas – quando a estabilidade das obras onde são realizadas pressupõe o seu bom comportamento num período superior a 2 (dois) anos.

Estes elementos serão executadas de acordo com um Plano de Instalação de Ancoragens presente na memória e respectivas peças desenhadas do Projecto de Execução e que contêm a seguinte informação:

- Tipo de ancoragem e sua designação quando normalizada por uma Especificação Técnica Europeia;
- Número de ancoragens a executar;
- Localização e orientação de cada ancoragem e tolerâncias na sua posição;
- Comprimento das ancoragens;
- Cronograma de instalação de cada ancoragem relativamente à estrutura onde irão ser executadas;
- Especificações relativas a caldas de injeção, pressões de injeção, volume de calda injectada, comprimento do bolbo de selagem, tempo de injeção;
- Capacidade de carga requerida às ancoragens;
- Instalação da protecção contra a corrosão escolhida;
- Técnica de instalação (furação, colocação da armadura, ligação ao maciço, pré-esforço);
- Instalação de células de carga (número localização e características).

Os elementos contidos no Plano de Instalação de Ancoragens podem ser modificados pela Fiscalização em virtude da eventual necessidade de ajustamentos às condições locais, da experiência adquirida sobre as condições efectivas da obra e da qualidade do maciço ocorrente.

Abertura do furo

A abertura de furos deverá ser realizada com equipamento adequado à natureza das formações. A sua orientação deverá ser a do projecto e o furo deverá ser bem limpo antes da introdução da armadura.

O diâmetro de furação deve ser tal que permita a fácil introdução da armadura e demais órgãos de ancoragem no furo, devendo garantir o seu uniforme recobrimento com, pelo menos, 2 cm de calda de cimento.

Durante a furação, o Adjudicatário deverá garantir que o comprimento seja tal, que permita a execução do bolbo de selagem numa zona do maciço com as características adequadas.

Se durante a abertura do furo for detectada alguma cavidade na extensão correspondente à zona de selagem, deve aumentar-se o comprimento do furo de modo a realizar o bolbo numa zona do maciço sem cavidades.

Caso a natureza das formações atravessadas pela furação não garanta a estabilidade das paredes do furo, deverá prever-se a sua entivação por meio de tubo de encamisamento, que deverá permanecer até à colocação das armaduras.

Após a abertura do furo, deverá ser feito um ensaio de permeabilidade “in situ” na extensão do maciço correspondente à zona de selagem. Estes ensaios serão realizados em cerca de 20% do número total dos furos e sempre que a Fiscalização o entender. Em maciços rochosos, se a perda de água no ensaio for superior a 2 unidades LUGEON, o furo deverá ser sucessivamente injectado, reperfurado e ensaiado até deixar de ultrapassar essa permeabilidade. As injeções para impermeabilização do furo serão realizadas com calda de argamassa e/ou cimento, cuja composição e pressões de injeção deverão ser ajustadas à natureza do maciço e aos valores de permeabilidade que se forem medindo.

Introdução da armadura e processo de ligação ao maciço

As armaduras deverão ser equipadas de centralizadores, que garantam o seu correcto posicionamento e afastamento em relação às paredes do furo, e com separadores a distâncias adequadas, que garantam o afastamento dos cabos entre si, de modo a permitir um recobrimento de calda uniforme por toda a armadura.

O tipo e constituição do conjunto de ancoragem será o descrito no Plano de Instalação de Ancoragens, do Projecto de Execução, e a instalação das armaduras obedecerá ao especificado nesse plano.

As injeções deverão ser executadas com velocidades e pressões adequadas de modo a que não se produzam fenómenos de rotura das formações, originando perdas de calda elevadas na zona livre e no bolbo de selagem. As operações de injeção só devem ser iniciadas após autorização expressa da Fiscalização. A calda de injeção será conservada em tanques permanentemente agitados e não deverá apresentar quaisquer impurezas no decorrer dos trabalhos. O dispositivo de injeção terá um sistema de alimentação e um sistema de retorno da calda, que deverão ser convenientemente verificados antes e durante a injeção. Dever-se-á prever um dispositivo de medida que permita determinar com precisão a quantidade de calda realmente absorvida pelo furo. A calda que não tiver penetrado no furo será recebida pelo circuito de retorno num tanque e só será reinjectada após passar por filtros apropriados. As operações de injeção só serão dadas por terminadas quando a consistência da calda que flui pelo sistema de retorno for igual à da calda injectada. Quando a injeção tiver sido concluída os tubos de retorno serão obturados (eventualmente à custa de tampões de madeira) mantendo-se então a pressão durante um mínimo de 5 minutos o que se pode conseguir fechando os tubos de injeção.

O Adjudicatário poderá apresentar um processo alternativo ao tipo de ancoragem e à metodologia expressa nos pontos anteriores, devidamente explicitado e sujeito à aprovação da Fiscalização.

Pré -Esforço

Caso não se utilizem aceleradores de presa, o pré-esforço poderá ser aplicado 7 dias após a última injeção de selagem. Os cabos deverão ser tensionados simultaneamente por meio de dispositivos e equipamentos adequados que devem permitir medir as deformações axiais com uma precisão de $\pm 0,5$ mm. A armadura deve ser tensionada, com uma precisão $\pm 2\%$ usando células de pressão devidamente calibradas e montadas no circuito hidráulico a uma distância de 3 a 5 m do macaco. Estas células deverão ser recalibradas, no mínimo, após 50 operações de tensionamento.

Protecção contra a corrosão

Os cabos deverão ser devidamente embainhados e lubrificados, não só para protecção contra a corrosão, mas também para evitar o contacto com a calda o qual provocará atritos, não permitindo o seu alongamento e, prejudicando o funcionamento da ancoragem. Deverão ser protegidos de corrosão, por produtos adequados, ao longo do comprimento livre de ancoragem, nomeadamente junto à cabeça da ancoragem, onde deverá ser prevista uma zona para injeção de material, posterior à execução do pré-esforço. Em ancoragens definitivas, as cabeças deverão ser protegidas contra a corrosão através da execução de um maciço de betão ou mediante a colocação de uma campânula metálica e óleo anticorrosivo; o segundo tipo de protecção deverá ser realizado nas ancoragens onde se instalarão as células para medição do pré-esforço.

Ensaio em ancoragens

Os ensaios de ancoragens consistem, basicamente, na aplicação de tracções à armadura e na medição dos deslocamentos correspondentes na cabeça, respeitando certos programas de carga. Dividem-se em dois tipos consoante a sua finalidade:

- **Ensaio Prévio** – têm por objectivo determinar a tracção admissível nas ancoragens e deverão ser realizados antes do início da sua execução, tendo em atenção, designadamente, o comprimento livre, o processo construtivo e a natureza do maciço. Estes ensaios permitem também afinar o processo construtivo. Quanto à sua frequência, deverão ser realizados para cada tipo de maciço e (ou) método construtivo nas seguintes percentagens mínimas:

Tipo de ancoragens	Vida útil	Consequências da rotura	% de ensaios prévios
Definitivas	> 2 anos	—	2
Provisórias	≤ 2 anos	Graves	2
Provisórias	≤ 2 anos	Aceitáveis	1

Poderá prescindir-se da sua realização, somente quando o número de ancoragens a executar seja igual ou menor que 30 (trinta), sendo esta decisão sempre condicionada pelo conhecimento prévio do maciço e justificada no Plano de Instalação de Ancoragens, ou, por proposta devidamente explicitada do Adjudicatário e sujeita à aprovação da Fiscalização.

- **Ensaio de Recepção** – tem como objectivo comprovar a eficiência das ancoragens realizadas e por consequência garantir hipóteses feitas no dimensionamento da obra. Estes ensaios podem ser simplificados, a executar em todas as ancoragens, e detalhados, a executar em 15% das ancoragens realizadas. Quando, pelas razões explicitadas no ponto anterior, se prescindir da realização de ensaios prévios, a frequência dos ensaios de recepção detalhados a executar nas ancoragens realizadas será de 30%.

Ensaio prévio

O local de ensaio terá que ter características semelhantes à zona de implantação do muro. A localização deste ensaio será seleccionada pela Fiscalização. As ancoragens ensaiadas não fazem parte das instaladas.

Durante o ensaio prévio será efectuada a caracterização do maciço na zona de selagem.

Para este efeito, os processos de furação e equipamento disponível a utilizar nos últimos 3 a 5 metros devem ser tais que permitam a recolha de tarolos do maciço.

Quando se prever a instalação de células de carga, pelo menos, um ensaio prévio será realizado com célula de carga e o macaco hidráulico a utilizado, deverá ser o mesmo a utilizar para a execução das ancoragens. Assim o ensaio permitirá aferir a calibração do macaco.

Para que o Ensaio Prévio seja representativo deverá obedecer às seguintes recomendações:

- O comprimento do bolbo de selagem da ancoragem a testar deve ser igual ao comprimento dos bolbos de selagem das ancoragens que vão ser instaladas na estrutura de suporte a construir;
- As características de resistência das formações que envolvem tanto o bolbo de selagem da ancoragem a testar, como os bolbos de selagem das ancoragens, devem ser similares;
- A tracção máxima, T_M , a desenvolver durante o Ensaio Prévio deve ser igual ou menor que noventa por cento da tracção limite de proporcionalidade, T_L , do aço (i.e. $T_M \leq 0,9 T_L$) e ser menor que duas vezes a tracção de serviço nas ancoragens, T_S , mas maior que, uma vez e meia o valor de T_S (i.e. $1,5 T_S < T_M < 2,0 T_S$).
- Os patamares de carga previstos para este ensaio são os seguintes:

FORÇA	TEMPO NO PATAMAR (MINUTOS)				CICLO DE CARGA DESCARGA
	Ancoragens provisórias		Ancoragens definitivas		
	Solos coesivos	Solos não coesivos ou rochas	Solos coesivos	Solos não coesivos ou rochas	
$T_0 = 0,10 T_L$	0	0	0	0	
$T_1 = 0,30 T_L$	Δt	5	30	15	$T_0 - T_1 - T_0$
$T_2 = 0,40 T_L$	Δt	5	30	15	$T_0 - T_1 - T_2 - T_1 - T_0$
$T_3 = 0,60 T_L$	Δt	15	≥ 120	60	$T_0 - T_2 - T_3 - T_2 - T_0$
$T_4 = 0,75 T_L$	Δt	5	≥ 180	60	$T_0 - T_3 - T_4 - T_3 - T_0$
$T_5 = 0,90 T_L$	Δt	60	≥ 1440	≥ 120	$T_0 - T_4 - T_5 - T_4 - T_3 - T_2 - T_1 - T_0$

Os intervalos de leitura em minutos, em cada patamar, são: 2; 4; 6; 8; 10; 15; 20; 25; 30; 45; 60; 90 e 120.

Durante os 15 minutos iniciais o deslocamento de fluência, d_f tem de ser $\leq 0,2$ mm. Se $d_f > 0,2$ mm então o patamar em curso tem de ser prolongado de um incremento de tempo, Δt igual ao último intervalo de leitura desse patamar.

Durante o último patamar (carga T_M), o valor de d_f terá de ser inferior a 0,2 mm.

Devem ser elaborados os seguintes diagramas, resultantes dos Ensaios Prévios:

- Tracções – deslocamentos totais;
- Tracções – deslocamentos elásticos e permanentes;
- Evoluções dos deslocamentos no tempo nos patamares de carga;
- Relação entre o coeficiente de fluência e a força de tracção.

Para o cálculo da tensão de serviço máxima admissível, T_s (Ra no EC7/1) determina-se um valor característico da resistência da ancoragem R_{ak} a partir dos valores das tracções medidas nos ensaios.

A obtenção deste valor, R_{ak} , processa-se dividindo o valor médio (a) e o valor mínimo (b) de resistência das ancoragens, medidos nos ensaios, por um coeficiente ξ dependente do número de ensaios executados.

O Coeficiente ξ para o cálculo de R_{ak} , segundo Quadro 8.1 do EC7/1, será o indicado no quadro 33.

Quadro 33 – Coeficiente ξ para o cálculo de R_{ak}

Nº de Ensaios Prévios realizados	1	2	>2
(a) Coeficiente ξ aplicado ao valor médio de resistência das ancoragens	1,5	1,35	1,3
(b) coeficiente ξ aplicado ao valor mínimo de resistência das ancoragens	1,5	1,25	1,1

Ambas as condições (a) e (b) deverão ser satisfeitas.

Assim a tensão de serviço máxima admissível, T_s , será:

$$T_s = \frac{R_{ak}}{\gamma_s}$$

Em que:

Factor de segurança $\gamma_s = 1,25$ para ancoragens provisórias

1,5 para ancoragens definitivas.

O comprimento livre L_o das ancoragens, calculado a partir de interpretação dos resultados dos ensaios, não será inferior a 5 m e deverá situar-se dentro dos seguintes limites:

$$0,9 L_t \leq L_o \leq L_t + 0,6 L_a$$

Em que:

L_t - comprimento livre de projecto

L_a - comprimento de selagem

Ensaio de Recepção Simplificado

Em todas as ancoragens deverá ser realizado um Ensaio de Recepção Simplificado

Os patamares de carga previstos para este ensaio são indicados no quadro 34.

Quadro 34 – Patamares de carga para o ensaio de recepção simplificado

Força	Tempo no patamar (minutos)	Ciclo de carga descarga
$T_0 = 0,20 T_s$	5	
$T_1 = 0,40 T_s$	5	$T_0 - T_1 - T_0$
$T_2 = 0,60 T_s$	10	$T_0 - T_1 - T_2 - T_1 - T_0$
$T_3 = 0,80 T_s$	10	$T_0 - T_2 - T_3 - T_2 - T_0$
$T_4 = 1,00 T_s$	20	$T_0 - T_3 - T_4 - T_3 - T_0$
$T_5 = 1,30 T_s$	≥ 25	$T_0 - T_4 - T_5 - T_4 - T_3 - T_2 - T_1 - T_0$

Os intervalos de leitura em minutos, em cada patamar, são: 2; 4; 6; 8; 10; 15; 20 e 25.

Durante os 15 minutos iniciais o deslocamento de fluência, d_f tem de ser $\leq 0,2$ mm. Se $d_f > 0,2$ mm então o patamar em curso tem de ser prolongado de um incremento de tempo, Δt igual ao último intervalo de leitura desse patamar.

Durante o último patamar (carga T_M), o valor de d_f terá de ser inferior a 0,2 mm.

O ensaio consiste na aplicação de 5 ciclos de carga, sendo a carga máxima atingida no último patamar.

Devem ser elaborados os seguintes diagramas, resultantes do Ensaio de Recepção Simplificado:

- Tracções – deslocamentos totais;
- Tracções – deslocamentos elásticos e permanentes;
- Evoluções dos deslocamentos no tempo nos patamares de carga;
- Relação entre o coeficiente de fluência e a força de tracção

Ensaio de Recepção Detalhados

Após o ajustamento do comprimento livre, do comprimento de selagem e da folga de pré-esforço será executado em nível um Ensaio de Recepção Detalhado. A ancoragem ensaiada fará parte das instaladas.

Os patamares de carga previstos para este ensaio são os indicados no quadro 35.

Quadro 35 – Patamares de carga para os ensaios de recepção detalhados

Força	Tempo no patamar (minutos)	Ciclo de carga descarga
$T_0 = 0,50 T_s$	15	
$T_1 = 0,75 T_s$	15	$T_0 - T_1 - T_0$
$T_2 = 0,90 T_s$	30	$T_0 - T_1 - T_2 - T_1 - T_0$
$T_3 = 1,0 T_s$	60	$T_0 - T_2 - T_3 - T_2 - T_0$
$T_4 = 1,25 T_s$	60	$T_0 - T_3 - T_4 - T_3 - T_0$
$T_5 = 1,50 T_s$	≥ 120	$T_0 - T_4 - T_5 - T_4 - T_3 - T_2 - T_1 - T_0$

Os intervalos de leitura em minutos são: 2; 4; 6; 8; 10; 15; 20; 25; 30; 45; 60; 90 e 120.

Durante os 15 minutos iniciais o deslocamento de fluência, d_f tem de ser $\leq 0,2$ mm. Se $d_f > 0,2$ mm então o patamar em curso tem de ser prolongado de um incremento de tempo, Δt igual ao último intervalo de leitura desse patamar.

Durante o último patamar (carga T_M), o valor de d_f terá de ser inferior a 0,2 mm.

O ensaio consiste na aplicação de 5 ciclos necessários de carga e descarga até zero do pré-esforço, sendo a carga máxima atingida no último patamar.

Devem ser elaborados os seguintes diagramas, resultantes do Ensaio de Recepção Detalhado:

- Tracções – deslocamentos totais;
- Tracções – deslocamentos elásticos e permanentes;
- Evoluções dos deslocamentos no tempo nos patamares de carga;
- Relação entre o coeficiente de fluência e a força de tracção

Todos os ensaios deverão ser executados pelo Adjudicatário e acompanhados pela Fiscalização.

Dependendo dos métodos e resultados dos ensaios, a Fiscalização reserva-se ao direito de solicitar mais ensaios, os quais, se esta o entender, serão a realizados por laboratório oficial. Neste último caso, os encargos serão por conta do Adjudicatário.

Auscultação

Quando se tratam de ancoragens definitivas, ou sempre que o número de ancoragens provisórias seja superior a 80 (oitenta) ou o Plano de Instalação de Ancoragens assim o indique, deverá promover-se a instalação de células de medição do pré-esforço destinadas a verificar a evolução das tracções da ancoragens.

Serão instaladas, no mínimo, células em 2 (duas) ancoragens. O tipo de célula a instalar será aprovado pela Fiscalização, sob proposta de Adjudicatário.

A força na armadura deve ser medida com uma precisão de $\pm 2\%$ utilizando uma célula de carga devidamente calibrada e com uma capacidade mínima de leitura até $1,5 T_s$.

Cada célula de carga deve ser acompanhada de um certificado de calibração.

As células de carga devem permitir que a força a ser aplicada na armadura seja colinear com ela.

O Adjudicatário obriga-se a providenciar todas as operações e equipamentos complementares, necessários à instalação das células e órgãos acessórios de protecção e leitura, segundo o definido pela Fiscalização. Caso se preconize no Plano de Instalação de Ancoragens do Projecto de Execução que a leitura seja efectuada à distância, será necessário contabilizar o restante equipamento (cabos, transdutores, estação de leitura, etc.) necessários para a tornar exequível.

4.5. REVESTIMENTO DE TALUDES E CANAIS

4.5.1. REVESTIMENTO DE TALUDES E CANAIS EM COLCHÕES DE REDE METÁLICA PREENCHIDOS COM MATERIAL ROCHOSO

4.5.1.1. Características dos materiais

Estes revestimentos são constituídos pelos seguintes materiais:

- Colchões, que são estruturas paralelepípedicas de reduzida espessura, fabricadas com rede, com tampa;
- Arames para as amarrações, bordaduras e tirantes;
- Material rochoso, de boa qualidade, para enchimento dos colchões;
- Geotêxtil para aplicação entre o colchão e o terreno natural, quando especificado no projecto;

Todas as peças prefabricadas deverão ser acompanhadas de certificados que garantam o cumprimento das especificações que em seguida se enumeram, e devem cumprir o especificado para os materiais pré-fabricados em 4.2.1

Dimensões

Os colchões poderão ter dimensões variadas no seu comprimento e espessura, sendo a largura de 1 ou 2 m. Devem possuir diafragmas, dispostos de metro a metro.

Admitem-se as seguintes tolerâncias máximas, com referência às dimensões nominais dos colchões:

- No comprimento e largura 3%
- Na espessura 8%

As redes, dos colchões e diafragmas, devem ser de arame de malha hexagonal galvanizada de dupla torção, do tipo 5 x 7 ou 6 x 8, conforme a norma UNI 8018.

Arame normal

Os arames a utilizar devem apresentar os seguintes diâmetros mínimos definidos no quadro 36, com uma tolerância de $\pm 2,5\%$.

Quadro 36 – diâmetros mínimos para o arame normal

	Diâmetro dos Aroles	
	Malha dupla torção do tipo 5 x 7	Dupla torção do tipo 6 x 8
Arame das malhas, amarrações e tirantes	2,0 mm	2,2 mm
Arame das bordaduras	2,7 mm	2,7 mm

Todos os tipos de aroles, quer sejam aplicados em malhas, bordaduras, amarrações ou tirantes deverão ainda satisfazer ao estipulado em 4.3.4.1., deste Caderno de Encargos, no que respeita ao *arame normal*, especificamente o “material”, “alongamento”, “resistência à tracção” e “galvanização”.

Arame revestido a PVC

Serão cumpridas as prescrições constantes neste Caderno de Encargos em 4.3.4.1. para o *arame revestido a PVC*.

Material rochoso para enchimento dos colchões (pedra)

O material de enchimento será seixo ou material rochoso proveniente de pedreira. Deverá ser de boa qualidade, são, compacto, duro e inatacável pela acção dos agentes atmosféricos, sem fragmentos lamelares. As suas dimensões, obtidas por um qualquer processo de crivagem, estarão compreendidas entre 8 e 15 cm. No entanto, material de maiores dimensões é tolerável, desde que o seu volume não ultrapasse 10% do volume total do colchão a preencher e a sua dimensão não ultrapasse a espessura do colchão.

Os materiais de preenchimento devem ainda apresentar as mesmas características referidas para os materiais de enchimento de gabiões.

Geotêxteis

Serão cumpridas as especificações constantes neste Caderno de Encargos para os geotêxteis em 4.3.4.1. *Características dos materiais*

4.5.1.2. Processo Construtivo

Fundações

A fundação do colchão é directa sobre o terreno natural, devendo o mesmo ser regularizado com a configuração definitiva da obra.

A colocação de geotêxteis na interface do terreno natural com o colchão, quando especificado no projecto, deverá ser efectuada de modo a evitar-se dobras e rasgamentos.

Montagem de colchões

Cada colchão deve ser montado individualmente próximo do local de implantação, levantando-se os painéis laterais e os diafragmas.

A ligação entre painéis e entre diafragmas e painéis é feita através da sobreposição dos prolongamentos da rede dos topos, quando existentes. Nestas sobreposições devem ser dados três pontos. Quando os vértices se justapõem, as costuras devem proceder-se de acordo com o definido para a *união de gabiões* em 4.3.4.2.

Após a montagem, os colchões devem ser colocados no seu local de aplicação definitivo, atados entre si por pontos espaçados de 0,50 m, com o objectivo de evitar aberturas onde possam cair pedras de enchimento.

Enchimento de colchões

O enchimento de cada célula do colchão, com a pedra especificada, deve efectuar-se por via mecânica, devendo prestar-se particular atenção ao enchimento dos cantos.

Poderá ser necessário uma acomodação manual das pedras de modo a obter-se a máxima deformabilidade da estrutura e, simultaneamente, a mínima percentagem de vazios.

União de colchões

Terminado o enchimento, coloca-se a tampa que deve ser cozida ao longo de todas as arestas e diafragmas, passando o fio através de todas as malhas e fazendo uma volta dupla por cada duas malhas.

Deve ser dada particular atenção à execução das costuras, unindo as arestas ou superfícies a ligar convenientemente, de modo a que fiquem, após costura, perfeitamente justapostas, sem folgas.

A união entre colchões deve ser feita entre todas as arestas horizontais que ligam a tampa às paredes verticais. É aconselhável efectuar esta operação ao mesmo tempo que se cozem as tampas, de forma a que de uma só vez se faça a ligação entre colchões e tampas.

Só serão aceites outros tipos de ligação, como por exemplo as produzidas por equipamentos mecânicos, quando especificadas pelo fabricante e autorizadas pela Fiscalização.

É aconselhável fazer sair da superfície do colchão em contacto com o solo tirantes verticais e ligá-los à tampa, com uma frequência de 2 por cada 2 m².

4.5.2. REDE DE PROTECÇÃO CONTRA A QUEDA DE PEDRAS

4.5.2.1. Características dos materiais

Os materiais necessários à colocação e montagem desta rede são:

- Rede;
- Arames para as amarrações e bordaduras da rede;
- Cabo ou varão de aço comercial;
- Tubo metálico galvanizado;
- Grampos para fixação da rede ao talude.

Todas as peças prefabricadas deverão ser acompanhadas de certificados que garantam o cumprimento das especificações que em seguida se enumeram, e ainda que cumpram o especificado em 4.2.1.

Dimensões

As redes serão fornecidas em rolo e poderão ter dimensões variadas. Deverão obedecer às especificações mencionadas neste Caderno de encargos para as *dimensões* em 4.3.4.1.

Arame normal

O arame normal deverá satisfazer ao estipulado em 4.3.4.1., deste Caderno de Encargos, no que respeita ao *aramé normal*.

Cabo ou varão de aço comercial

No topo da rede deve ser materializada uma bainha por onde passará um cabo de aço, a todo o comprimento da rede, com diâmetro mínimo de 12 mm ou, em sua substituição, um varão de aço comercial, galvanizado ou pintado contra a corrosão, com um diâmetro igual ou superior a 16 mm

Tubo metálico galvanizado

No pé do talude deverá igualmente ser feita bainha na rede, fazendo passar através dela um tubo metálico galvanizado, com um diâmetro exterior da ordem dos 5 cm, que deve ser cheio com areia.

Grampos para fixação da rede ao talude

Os grampos de solidarização da rede ao topo do talude devem ser em aço comercial com diâmetros entre 12 mm e 25 mm, ajustados às solicitações que vão suportar. Devem ser cortados de modo a que permitam a ancoragem do cabo ou varão de aço ao terreno. O seu comprimento dependerá do terreno em questão.

4.5.2.2. Processos construtivos

A rede deve ser aplicada de modo a que as torções fiquem na vertical.

No topo da rede deve ser feita uma bainha com um mínimo de 20 cm de largura, cozida a todo o comprimento, com um atamento igual ao da ligação entre painéis verticais, ou outro equivalente. Nesta bainha deve passar um cabo ou varão de aço comercial.

A pregagem da rede ao topo do talude deve ser efectuada através de grampos, cortadas de forma a que permitam a ancoragem do cabo ou varão de aço que se fez passar pela bainha ao terreno, de 1 em 1 metro ou de 2 em 2 metros, conforme o definido no projecto ou estipulado pela Fiscalização. O seu comprimento será o definido no projecto e dependerá do terreno em questão.

Os vários painéis de rede devem ser ligados entre si, passando o fio de costura através de todas as malhas da união, com uma volta dupla por cada duas.

Só serão aceites outros tipos de ligação, como por exemplo as produzidas por equipamentos mecânicos, quando especificadas pelo fabricante e autorizadas pela Fiscalização.

No pé do talude deve ser feita também uma bainha com um mínimo de 20 cm de largura, cozida a todo o comprimento com um atamento igual ao da ligação entre painéis, onde deve passar um tubo metálico galvanizado, que se deve tamponar nos cantos com argamassa, após ser cheio de areia.

É aconselhável que a rede termine a 0,15 m da base do talude, de modo a permitir a limpeza dos produtos caídos.

4.6. INSTALAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA E DE ÁGUAS RESIDUAIS PLUVIAIS E DOMÉSTICAS OU REPOSIÇÃO DAS AFECTADAS

4.6.1. CARACTERÍSTICAS DAS TUBAGENS E ACESSÓRIOS PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Todas as peças prefabricadas deverão ser acompanhadas de certificados que garantam o cumprimento das especificações que em seguida se enumeram, e ainda que cumpram o especificado em 4.2.1.

Normalmente, as tubagens para o abastecimento de água serão em PVC rígido (cloreto de vinilo) ou fibrocimento.

4.6.1.1. Tubagens

Tubagens em PVC

Os tubos e acessórios a utilizar nas canalizações de água, sob pressão até PN 10, em PVC rígido (cloreto de vinilo) devem obedecer às normas Portuguesas e internacionais ISO, nomeadamente no que se refere às suas propriedades e características, sistemas de ligações e estanquidade.

Sob o aspecto de resistência química devem obedecer à Norma DIN 16 929.

As pressões nominais e diâmetros exteriores devem estar conforme a norma NP 253 – *Materiais plásticos. Tubos de materiais termoplásticos para transporte de fluidos. Diâmetros exteriores nominais e pressões nominais.*

Todos os acessórios de ligação e de redução devem obedecer às imposições do Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto de 1995, à NP 1 487 e à norma DIN 8 063.

Todos os acessórios das tubagens devem ser do mesmo material desta e próprios para roscar, flangear ou acoplar por meio de junta integral com anel de neoprene autoblocante.

Tubagens em fibrocimento

As tubagens de fibrocimento devem ser da classe 12, incluindo juntas Gibault e acessórios de ferro fundido.

Estas tubagens deverão satisfazer à NP 525 – *Produtos zincados. Determinação da massa por unidade de superfície e da espessura média do revestimento.*

4.6.1.2. Válvulas de seccionamento

As válvulas de seccionamento a instalar, devem ser do tipo cunha, com as seguintes características:

- Com diâmetro superior a 100 mm, terão o corpo de ferro fundido, flangeadas, PN 10;

- Com diâmetros compreendidos entre 100 mm e 50 mm terão o corpo de bronze, flangeadas, PN 10;
- Com diâmetro até 50 mm, exclusivé, terão o corpo de bronze, roscadas, PN 10.

Devem ter comando manual.

As válvulas enterradas devem ser equipadas com haste e boca de chave e fechar no sentido de rotação dos ponteiros do relógio. As válvulas instaladas em caixa devem ser equipadas com volante e fechar no sentido de rotação dos ponteiros do relógio (o sentido de fecho deverá estar indicado no volante).

As válvulas devem ser providas nos 2 extremos:

- De flanges obedecendo à Norma DIN 2 532 ou equivalente, no caso do diâmetro nominal da válvula ser igual ou superior a 50 mm;
- De rosca, no caso do diâmetro nominal da válvula ser inferior a 50 mm.

As válvulas devem ser ensaiadas de acordo com as normas aplicáveis.

Devem empregar-se torneiras de suspensão de válvula de correção para o diâmetro da tubagem em que estão inseridas – PN 16.

As torneiras devem ser de boca de chave, em bronze, com dois vedantes de bronze. O fuso deve ser de bronze e comando tal que feche para a direita.

4.6.1.3. Marcos de incêndio

Os marcos devem ser do tipo “MACRO” ou equivalente para uma pressão de serviço maior que 20 kg/cm².

Devem ser dotados com 3 saídas roscadas e independentes do modelo a aprovar pela Fiscalização e pelos bombeiros da área onde a obra se insere.

Os marcos devem ser equipados com cobertura de poliéster, e devidamente identificados.

As válvulas de seccionamento destes marcos devem ser enterradas e instaladas com boca de chave para manuseamento à face do pavimento.

4.6.1.4. Bocas de rega

As bocas de rega devem ser constituídas por uma caixa de ferro fundido com tampa, ao nível do pavimento, com charneira e torneira de latão obturador, não sujeito a rotação e com engate para mangueira.

Os diâmetros da saída para a ligação da mangueira devem ser de 1 1/4”.

As bocas de rega devem ser devidamente fixadas por maciços de alvenaria, e drenadas para que a água da caixa se infiltre no terreno.

O montante deve ser prevista uma torneira de suspensão por cada boca de rega.

4.6.1.5. Materiais para aterro de valas

Os materiais para aterro de valas devem ser, sempre que possível, os solos resultantes das escavações, isentos de detritos e de pedras, detritos orgânicos, terras vegetais, entulhos heterogêneos, lodos, turfas, ou terras de elevada compressibilidade.

4.6.1.6. Materiais para camadas de pavimentos (reposição)

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 3-*Terraplenagens*.

4.6.2. CARACTERÍSTICAS DAS TUBAGENS PARA REDES DE ÁGUAS RESIDUAIS PLUVIAIS

4.6.2.1. Disposições gerais

Normalmente, as tubagens para condução de águas pluviais serão em manilhas de betão. As tubagens para condução de águas pluviais em manilhas de betão, devem obedecer às seguintes condições:

- As manilhas devem ter as dimensões e tolerâncias constantes dos quadros 1 e 2 da Norma DIN 4 032.
- Devem ser em betão simples centrifugado. A classe de betão a empregar deve ser indicada pelo Adjudicatário para aprovação da Fiscalização.
- A composição do betão deve ser previamente estudada pelo Adjudicatário, com vista à obtenção de um betão com a máxima capacidade da resistência específica.
- O resultado destes estudos deve ser apresentado à Fiscalização que poderá exigir ensaios prévios em laboratório oficial.
- Poderão ser usados aditivos que permitam aumentar a trabalhabilidade e a resistência do betão, ou acelerar o endurecimento, desde que o seu emprego tenha parecer favorável de laboratório acreditado e não ultrapasse 1% do peso do aglomerado.
- As manilhas devem permanecer, pelo menos 3 dias após a betonagem, nos recipientes onde são fabricadas.
- Depois disso devem ser protegidas do sol e regadas abundantemente, durante, pelo menos, uma semana.
- Nenhuma manilha pode ser utilizada em obra antes de atingir 28 dias de idade.
- Cada manilha deve ser marcada com o nome ou marca do fabricante; número; data de fabrico e dimensões nominais.

As manilhas de betão a utilizar em obra deverão ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos.

4.6.2.2. Recepção de tubagens

Divisão em lotes

Para efeitos da inspecção geral e dos ensaios referidos nesta especificação, as manilhas devem ser repartidas em lotes no local da obra, sendo cada lote de dimensão nominal igual e do mesmo fabricante.

Inspecção geral

Deve ser feita pela Fiscalização uma inspecção geral que compreenderá a verificação das seguintes características:

- Ter dimensões e tolerâncias de acordo com o já referido neste Caderno de Encargos;
- Serem rectilíneas, de aspecto liso, forma regular, com arestas vivas, isentas de fissuras, chochos e outras irregularidades;
- Terem textura uniforme, e no estado de secas, quando percutidas com um pequeno maço de ferro, emitirem um som claro (que não pareça fracturado).

a partir da qual será exigida a substituição dos tubos defeituosos, ou até a rejeição do fornecimento se a percentagem destes exceder 10%.

Na verificação das dimensões, deve seguir-se a norma Portuguesa EN 1123 – *Tubos e acessórios de aço galvanizado com costura, de boca-ponta lisa, para sistemas de drenagem de águas residuais* nas partes aplicáveis.

4.6.2.3. Ensaaios

Em obras importantes e caso a Fiscalização o exija, nomeadamente quando se suspeite existirem defeitos não visíveis nas manilhas, originados, por exemplo, pelas condições de transporte, deverá proceder-se ao seu ensaio, de acordo com o que se especifica em seguida.

Amostragem e regras de decisão

Para cada um dos ensaios referidos nesta especificação, serão retirados ao acaso 6 manilhas de cada lote, depois de sujeitos à inspecção geral e sem se substituir nenhuma das manilhas eventualmente rejeitadas.

Cada ensaio deve ser realizado primeiramente sobre 3 manilhas. Caso os resultados obtidos não satisfaçam o determinado, o ensaio repetido nas restantes 3 manilhas. O lote deve ser rejeitado se o conjunto das 6 manilhas não satisfizer o ensaio.

Ensaio de estanquicidade

Este ensaio deve ser realizado como se indica na norma EN 1916 – *Tubos e acessórios de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado.*, na parte referente à verificação da estanquicidade.

Como condição de recepção do lote, os valores médios dos resultados das manilhas ensaiadas não devem ser superiores aos indicados na coluna 2 (tubos circulares) do quadro 4 da norma DIN 4 032 e, simultaneamente, os valores dos resultados de cada tubo não devem ser superiores a mais de 30% dos valores daquele quadro.

Ensaio de compressão diametral

As forças de rotura por compressão diametral, determinadas como se indica na Norma EN 1916 devem ser inferiores, para cada diâmetro e para cada tipo de tubo, às indicadas no quadro 37.

Quadro 37 – Tensões de rotura por Compressão Diametral Admissíveis (KN/m)

	Classe I		Classe II		Classe III		Classe IV		Classe V	
Diâmetro (mm)	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916	Fc (kN/m)	EN 1916
200	30	150	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
300	33	110	20,5	75	28	100	43	150	50,5	175
400	41	110	28	75	38	100	58	150	68	175
500	54	110	35,5	75	48	100	73	150	85	175
600	60	100	43	75	58	100	88	150	103	175
800	-----	-----	58	75	78	100	117	150	138	175
1000	-----	-----	73	75	98	100	146	150	172	175
1200	-----	-----	88	75	117	100	176	150	208	175
1500	-----	-----	110	75	146	100	220	150	262	175
2000	-----	-----	146	75	195	100	293	150	358	175

4.6.3. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA TUBAGENS DAS REDES DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

Normalmente, as tubagens para condução das águas residuais domésticas serão em manilhas de grés cerâmico vidrado. Estas tubagens devem obedecer às seguintes condições.

As tubagens a utilizar em obra deverão ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos.

Para tal deverão ser cumpridas todas as especificações constantes na EN 295 – *Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers*.

4.6.3.1. Características Gerais das Tubagens

Dimensões e tolerâncias

As manilhas devem ter as dimensões e tolerâncias que cumpram na EN 295. Admite-se uma deformação que não ultrapasse os valores de $0,03 I \times D$ para o diâmetro e $0,007 m \times L$ para a flecha correspondente ao comprimento da manilha.

Constituição

Devem ser constituídas conforme indicado na Norma EN 295.

Porosidade

Secas previamente e depois de mergulhadas em água durante 48 horas, devem acusar um aumento de peso inferior a 3% do seu próprio peso;

Resistência à pressão interior

A rotura não poderá produzir-se para uma pressão inferior a 6 kg/cm², aplicada gradualmente;

Resistência à pressão exterior

Colocadas horizontalmente sobre dois apoios distanciados de 0,40 m e carregadas a meio vão na parte superior segundo um plano paralelo aos apoios, devem resistir a uma carga superior a 1 000 kg.

Textura

Partidas, devem apresentar grão fino e compacto, isento de manchas e com coloração uniforme. Devem ser bem cozidas e moldadas, sem fendas, falhas, bolhas ou quaisquer outros defeitos que possam prejudicar a sua resistência e o escoamento.

Paredes

As paredes exteriores e interiores devem apresentar-se perfeitamente vitrificadas. A vitrificação, por meio de cozedura, não deve constituir película destacável e deve atingir penetração suficiente para que tal não se dê.

4.6.3.2. Recepção de tubagens

Divisão em lotes e inspeção geral

Serão seguidas as especificações constantes neste Caderno de Encargos em 4.6.2.2. *Recepção de tubagens*

4.6.3.3. Ensaaios

Em obras importantes e caso a Fiscalização o exija, nomeadamente quando se suspeite existirem defeitos não visíveis nas manilhas, originados, por exemplo, pelas condições de transporte, deverá proceder-se ao seu ensaio, de acordo com o que se especifica em seguida.

4.6.3.4. Amostragem e regras de decisão

Para cada um dos ensaios referidos nesta especificação, devem ser retirados ao acaso 6 manilhas de cada lote, depois de sujeitas à inspeção geral e sem substituir nenhuma das manilhas eventualmente rejeitadas.

Cada ensaio deve ser realizado, primeiramente, sobre 3 manilhas. No caso dos resultados obtidos em 2 ou 3 manilhas não satisfizerem o determinado, o lote deve ser rejeitado.

O ensaio deve ser repetido nas restantes 3 manilhas se, no primeiro ensaio, se obtiverem resultados não satisfatórios em apenas 1 manilha.

O lote deve ser rejeitado se a totalidade das manilhas do segundo conjunto de 3 não satisfizer o ensaio.

Ensaio de estanquicidade

Este ensaio deve ser realizado como se indica na norma EN 295. Nenhuma das manilhas ensaiadas deve exsudar ou verter.

Ensaio de pressão de rotura

Este ensaio deve ser realizado como se indica na Norma EN 295. A pressão da rotura de cada manilha ensaiada não deve ser inferior aos valores indicados na referida Norma.

Ensaio de absorção

Este ensaio deve ser realizado como se indica na Norma EN 295. A absorção de água em cada manilha ensaiada não deve ser superior aos valores indicados na referida Norma.

Ensaio da resistência aos ácidos

Este ensaio deve ser realizado como se indica na Norma EN 295. A massa do material de cada manilha ensaiada, expressa em percentagem, não deve ser superior aos valores indicados na referida Norma.

Ensaio de compressão diametral

Este ensaio deve ser realizado como se indica na norma EN 295. A força de rotura de cada manilha ensaiada não deve ser inferior aos valores indicados na Norma referida.

4.6.4. CARACTERÍSTICAS DOS SUMIDOUROS E RALOS DE PAVIMENTO, E GRELHAS

Os sumidouros serão em betão, prefabricadas ou moldadas "in situ", de acordo com os desenhos de pormenor definidos no projecto.

Os sumidouros a executar devem cumprir as especificações constantes do capítulo 2 – *Drenagem*.

Deverão ser cumpridas as Normas NP 676 – *Redes de esgoto. Sarjetas. Tipos, características e condições de emprego* e a NP 677 – *Redes de esgoto. Sarjetas. Ensaios de permeabilidade*.

As grelhas e aros a instalar nos sumidouros devem ser de ferro fundido, com as dimensões definidas no projecto e de características especificadas neste Caderno de Encargos.

4.6.5. CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE FECHO (ARO + TAMPA) DAS CAIXAS DE VISITA E DISPOSITIVOS DE ENTRADA (ARO + GRELHA) DE SUMIDOUROS

Os dispositivos de fecho das caixas de visita e dispositivos de entrada de sumidouros devem obedecer à NP EN 124 – *Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos. Princípios construtivos, ensaios, marcação, controlo de qualidade*.

No que respeita à sua resistência mecânica segundo os locais de instalação devem ser das classes indicadas no quadro 38.

Quadro 38 – Classes mínimas de resistência mecânica dos dispositivos de fecho e de entrada das caixas de visita

Classe mínima	Local de instalação
A15	Zonas utilizadas exclusivamente por peões e ciclistas.
B125	Passeios, zonas para peões e parques de estacionamento para viaturas ligeiras.
C250	Zonas das valetas de rua ao longo dos lancis que a partir da aresta do lancil se prolongue no máximo 0,5 m na via de circulação a 0,2 m do passeio.
D400	Vias de circulação, bermas estabilizadas e parques de estacionamento para todos os tipos de veículos rodoviários.

4.6.6. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA ATERRO DE VALAS

Deverão ser cumpridas as Prescrições constantes neste Caderno de Encargos em 4.6.1.5. *Materiais para aterro de valas.*

4.6.7. CARACTERÍSTICAS DAS CAIXAS DE VISITA

As caixas visitáveis serão em betão, prefabricadas ou moldadas "in situ", de acordo com os desenhos de pormenor definidos no projecto.

As caixas de visita a executar devem cumprir as especificações constantes neste Caderno de Encargos do capítulo 2 – *Drenagem*.

As caixas de visita pré-fabricadas a utilizar em obra deverão ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos.

Deverão ser cumpridas as seguintes normas:

- EN 1917 – Câmaras de visita e câmaras de ramal de betão não armado, betão com fibras de aço e betão armado.
- NP 893 – *Redes de esgoto. Construção e conservação.*
- NP EN 124 – Dispositivos de entrada de sumidouros e dispositivos de fecho de câmaras de visita, para zonas de circulação de peões e veículos. Princípios construtivos, ensaios, marcação, controlo de qualidade.
- NP EN 10311 – *Juntas para ligação de tubos de aço e acessórios para o transporte de água e de outros líquidos aquosos.*

4.6.8. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA CAMADAS DE PAVIMENTOS (REPOSIÇÃO)

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 3 – *Pavimentação*.

4.6.9. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

4.6.9.1. Disposições Gerais

A execução das várias partes da obra, bem como as montagens dos vários equipamentos, devem seguir as técnicas adequadas a cada caso, eventualmente as indicadas e/ou aconselhadas pelos fabricantes e/ou fornecedores e operadores.

Os danos causados nas vias públicas, os condicionamentos do trânsito ou quaisquer outras responsabilidades perante terceiros, resultantes do tipo de equipamento e das operações de instalação e montagem dos equipamentos, serão da conta e risco do Adjudicatário.

Em tudo o que lhe for aplicável mantém-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 3 – *Pavimentação*., no capítulo 2-Drenagem e no capítulo referente às Obras de Arte Integradas.

Na ausência de definições neste Caderno de Encargos no que respeita a materiais ou técnicas construtivas, ou a equipamentos e respectivas montagens, deve a execução dos trabalhos obedecer às disposições legais em vigor, às Normas Portuguesas ou Europeias, às especificações e Documentos de Homologação do LNEC ou outros Laboratórios Acreditados e ainda ao Código da Boa Prática e documentação existente.

4.6.9.2. Abertura de valas

A execução das escavações deve permitir o bom andamento dos trabalhos e satisfazer às necessárias condições de segurança do pessoal, recorrendo para o efeito às técnicas de contenção consideradas necessárias de modo a reduzir a probabilidade de ocorrência de desabamento das paredes das valas. Nos locais onde as valas, os amontoados de produtos das escavações ou as máquinas em manobra possam constituir real perigo, o Empreiteiro deverá ainda montar vedações protectoras, corrimãos, setas, dísticos e sinais avisadores que sejam claros e visíveis, tanto de dia como de noite. Providenciará ainda pela manutenção das serventias de peões e viaturas, colocando pontões ou passadiços nos locais mais adequados à transposição das valas. Na condução dos trabalhos de escavação deve atender-se à conveniência de reduzir ao mínimo possível o tempo que medeia entre a abertura e o enchimento das valas. Quando, durante a abertura de valas, for necessário interceptar sistemas de drenagem superficiais ou subterrâneos, sistemas de esgotos ou canalizações enterradas (água, gás, electricidade, etc.), maciços de fundação ou obras de qualquer natureza, competirá ao Adjudicatário a adopção de todas as disposições para os manter em funcionamento e proteger os referidos sistemas ou obras, ou ainda removê-los, restabelecendo ou não o seu traçado, conforme o disposto no projecto. A escavação deve libertar inteiramente o espaço previsto no projecto, não sendo admissíveis diferenças por defeito.

Se o terreno for escavado para além dos limites fixados no projecto, a sobreescavação deve ser preenchida com materiais seleccionados, por camadas com um máximo de 15 cm de espessura, humedecidas e cuidadosamente compactadas, de modo a constituírem um bom terreno de fundação. Os materiais susceptíveis de constituírem pontos de maior rigidez na fundação, tais como afloramentos rochosos e os de natureza mais compressível, devem ser removidos, até uma profundidade da ordem dos 0,15 m abaixo da geratriz inferior da canalização. Esta caixa deve depois ser preenchida com areia, que devidamente compactada constituirá o coxim para assentamento das canalizações.

Entivacões

A entivação e o escoramento das escavações e das construções existentes devem ser estabelecidos de modo a impedir movimentos do terreno e danos nas construções e, por outro lado, a evitar escorregamentos dos taludes das valas e acidentes durante a execução dos trabalhos.

As valas devem ser entivadas e os taludes escorados nos troços em que a Fiscalização o impuser e também naqueles em que, no critério do Adjudicatário, isso for recomendável.

De um modo geral serão entivadas as valas cujos taludes sejam desmoronáveis, quer por deslizamento quer por desagregamento, pondo em risco de aluimento as construções vizinhas, os pavimentos ou as instalações do subsolo que, pela abertura das valas, fiquem ameaçadas na sua estabilidade.

O escoramento da entivação far-se-á com elementos horizontais, dispostos perpendicularmente ao eixo da vala, de um talude contra o outro, de modo que tais elementos ou escoras se situem acima do extradorso da canalização e não dificultem o assentamento dos tubos nem a montagem das juntas.

A entivação executa-se de várias maneiras, conforme a profundidade da vala e a natureza do terreno, mas será essencialmente de dois tipos: contínua ou descontínua, consoante o revestimento dos taludes pelas pranchas metálicas ou de madeira, for completo ou incompleto.

Na entivação contínua, as pranchas metálicas ou de pranchões de madeira cravados verticalmente, deverão possuir rebordos longitudinais ou encaixes de correr, de modo a servirem de guias à cravação de cada prancha em relação à sua antecessora. O conjunto formará, assim, cortinas fechadas, através das quais não haverá fugas de terras dos taludes dentro da vala.

Tanto na entivação contínua como na descontínua, os elementos verticais devem ser cravados até cerca de 0,30 m abaixo do fundo da vala e manter-se apurados e apertados contra os taludes por meio de longarinas, as quais, por sua vez, devem ser apertadas pelos topos das escoras colocadas transversalmente à vala.

Tratando-se de valas com grande profundidade, convirá executar a entivação por andares ou por degraus, reduzindo-se o afastamento dos taludes à medida que se aprofunda a escavação. Neste tipo de entivação as cortinas de cada andar devem ser cravadas cerca de 0,30 m no degrau de transição para o andar imediatamente inferior.

A cravação das pranchas metálicas ou dos pranchões de madeira aguçados deve fazer-se mecanicamente por meio de pilão accionado por bate-estacas, ou por meio de martetele de pequeno curso accionado por compressor de ar, ou mesmo manualmente por meio de maços ou marretas nos casos de pequena profundidade e quando a fraca consistência do terreno o permitir.

Normalmente, a entivação deve progredir em profundidade simultaneamente com a escavação. No entanto, se o terreno for de má qualidade, deve proceder-se primeiramente à cravação dos elementos da cortina, só depois se iniciando a escavação do núcleo da vala e o escoramento transversal das cortinas, à medida que a vala for adquirindo profundidade.

A desmontagem da entivação deve fazer-se cuidadosamente para a superfície à medida que o aterro vai preenchendo a vala e envolvendo a conduta. Por fim, quando faltar apenas cerca de 1 m de altura para se completar o aterro, devem ser retiradas as últimas escoras e arrancados os elementos verticais, um a um, com o auxílio de um extractor accionado por ar comprimido ou de um simples gancho preso por um cabo à extremidade da lança de uma escavadora.

As pranchas, pranchões, escoras e longarinas que saírem inutilizadas não poderão voltar a ser aplicadas em posteriores entivações, a menos que sejam restauradas ou suficientemente recuperadas.

Drenagem das escavações

O Adjudicatário deve proceder à evacuação das águas das escavações durante a execução dos trabalhos pelos métodos mais adequados a cada caso.

Quando necessário, o Adjudicatário deve dispor de material de drenagem, incluindo bombas, capazes de assegurar um trabalho de drenagem contínuo.

Os dispositivos de protecção contra as águas de drenagem das escavações só devem ser removidos à medida que o estado de adiantamento dos trabalhos o permitir.

As nascentes de água localizadas nas superfícies laterais ou no fundo das escavações devem ser captadas ou desviadas a partir da sua saída por processos que não provoquem erosão, nem enfraquecimento do terreno.

Para facilitar a recolha das águas, os fundos das escavações deverão, sempre que possível, ser dispostos com uma inclinação longitudinal de 2% a 5% e, eventualmente, revestidos por uma camada de betão.

Quando se utilizar bombeamentos intensos, devem ser tomadas medidas adequadas, evitando que a percolação de água possa provocar a remoção dos finos do terreno e prejudicar a estabilidade das obras já existentes ou a construir, bem como as das entivações executadas.

4.6.9.3. Manuseamento e transporte de tubos ou outros equipamentos nas valas

Os tubos devem ser transportados, do estaleiro ou armazém, para os locais de aplicação, em plataformas de reboque ou noutros veículos providos de boa suspensão e com coxins ou dispositivos equivalentes, apropriados ao seu perfeito acondicionamento durante a viagem.

A carga e a descarga dos tubos nos veículos de transporte e a sua descida para o fundo das valas deve ser feita manual ou mecanicamente, consoante for menor ou maior o peso dos tubos e a profundidade das valas. Em qualquer dos casos devem ser manuseados cuidadosamente, com o auxílio de cordas, cintas ou correias de couro, ou ainda garras metálicas suficientemente largas e protegidas, de modo a evitarem-se danos nos tubos ou no seu revestimento, quando existente.

O empilhamento dos tubos deve fazer-se com interposição de travessas de madeira, providas de coxins circulares, onde os tubos repousem sem contactos com o solo ou entre si. A espessura dos coxins deve ser bastante para que nem os tubos nem o seu revestimento exterior, quando exista, sejam danificados. O raio de curvatura deve ser igual ao do círculo exterior dos tubos que neles repousam.

Em certos casos, dependentes do material constituinte dos tubos e dos respectivos diâmetros, pode aceitar-se um empilhamento dos tubos directamente uns sobre os outros, em pirâmide, ficando apenas os da camada inferior assentes em armações de madeira, providas de coxins, desde que não atinja um peso excessivo, que possa produzir-se deformações nos tubos ou danos no seu revestimento exterior, se este existir.

Os tubos devem ser inspeccionados de acordo com o estipulado no Caderno de Encargos sobre recepção dos tubos, antes de se colocarem nas valas, dando-se especial ênfase ao exame das superfícies das juntas.

Devem ser tomadas as devidas precauções para se evitar que entrem nos tubos terras, pedras, madeiras e quaisquer outros corpos ou substâncias estranhas, procurando-se que o seu interior se mantenha limpo durante o transporte, manuseamento, colocação e montagem nas valas.

4.6.9.4. Assentamento de tubos ou outros equipamentos nas valas

O assentamento das canalizações exige prévia autorização da Fiscalização.

Os tubos devem ser cuidadosamente assentes em todo o seu comprimento e o seu acoplamento ser objecto de cuidados especiais de modo a evitar-se deformações que possam originar a perda de estanquicidade e roturas.

Na suspensão diária dos trabalhos e sempre que se verifique uma interrupção no processo de assentamento da conduta, os topos livres e os acessórios já montados devem ser tamponados e vedados por dispositivo a aprovar pela Fiscalização, a fim de impedir a entrada de sujidade, detritos, corpos estranhos e água da trincheira.

As manilhas deverão apoiar-se sobre o fundo da vala em todo o seu comprimento, e o seu encaixe deverá fazer-se sem as forçar, de modo a que cada troço compreendido entre caixas consecutivas fique perfeitamente rectilíneo.

As manilhas devem ser assentes com argamassa de cimento e areia ao traço 1:3.

4.6.9.5. Ligações de tubagens e outros equipamentos

Nas **canalizações de abastecimento de água** os acessórios de mudança de direcção devem ser apoiados em maciços de betão simples dimensionados de acordo com os diâmetros dos tubos. Do mesmo modo, por meio de maciços de betão, deve assegurar-se a fixação das válvulas. Antes do tapamento das tubagens, todas as condutas devem ser ensaiadas a uma pressão interior pelo menos de uma vez e meia a pressão de cálculo de acordo com o prescrito nos Documentos de Homologação do LNEC, após o que será permitido o seu recobrimento.

Nas **canalizações de águas residuais pluviais e domésticas** deverá aplicar-se nas juntas empanque de linho ou cânhamo ou juta e pasta de cimento. Devem ser recobertas por duas camadas de betume asfáltico, misturado com amianto em proporções convenientes. Devem evitar-se absolutamente as rebarbas no interior das juntas, quer por meio do emprego de “bonecas”, quer por qualquer outro meio que a Fiscalização autorize.

4.6.9.6. Aterro das valas

O Adjudicatário só deve dar início aos trabalhos de aterro depois da Fiscalização ter procedido à vistoria e aprovado os trabalhos que irão ficar cobertos pelos aterros.

Os aterros em caso algum se devem efectuar sobre terreno enlameado, gelado ou coberto de geada ou ainda sobre vegetações de qualquer tipo.

Uma vez assentes as canalizações, sobre almofada de areia, deve ser executado o aterro por camadas regadas, quando necessário, de modo a ficarem com o teor de humidade adequado à obtenção da compactação relativa especificada, e cuidadosamente batidas com placa vibradora, de modo a que a terra fique bem apertada contra as canalizações e uniformemente compactada para que não se produzam assentamentos diferenciais que possam pôr em perigo a estabilidade das canalizações.

As primeiras camadas de aterro, até uma espessura não inferior a 0,20 m sobre o extradosso das canalizações, devem ser preferencialmente constituídas por solos granulares devidamente compactados, de modo a acompanhar todo o perímetro exterior da conduta.

As primeiras camadas de aterro não devem ter espessura, antes da compactação, superior a 0,20 m. Na parte superior das valas este limite é de 0,30 m.

Prevê-se a realização de ensaios de compactação, devendo obter-se um grau de compactação mínimo de 90% em relação ao ensaio Proctor Modificado.

Os materiais sobrantes devem ser transportados a depósito.

4.6.9.7. Válvulas de seccionamento

As válvulas devem ser instaladas em caixa ou enterradas, conforme definido nos desenhos do projecto.

As válvulas devem ser ensaiadas de acordo com as normas aplicáveis.

Devem ainda ser pintadas com tinta anti-corrosiva e tinta de acabamento de qualidade e cor a submeter à aprovação da Fiscalização.

Nas válvulas enterradas, quer as flanges quer os extremos roscados devem ser envolvidos por plástico.

As torneiras devem ser colocadas de modo a que se possa proceder à sua desmontagem sem necessidade de se levantar a tubagem adjacente.

4.6.9.8. Sumidouros

Serão em betão, prefabricados ou moldadas "in situ", de acordo com os desenhos de pormenor definidos no projecto.

Os sumidouros devem ser executados de acordo com as especificações constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 2 – *Drenagem*.

Os sumidouros devem ser sujeitos a ensaios de permeabilidade, de acordo com a NP 677 – *Redes de esgoto. Sarjetas. Ensaio de permeabilidade*.

4.6.9.10. Caixas de visita

As caixas visitáveis serão em betão, prefabricadas ou moldadas "in situ", de acordo com os desenhos de pormenor definidos no projecto.

As caixas de visita devem ser executadas de acordo com as especificações constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 2 – *Drenagem*.

As caixas devem, no final, ser estanques aos gases e líquidos.

4.6.9.11. Verificação e ensaios em redes

Disposições Gerais

Todas as condutas, colectores e ramais de ligação após assentamento e com juntas a descoberto, devem ser sujeitas a ensaios de estanquidade e verificação da linearidade e não obstrução. Os ensaios consistirão no enchimento das canalizações, na elevação da sua pressão interna por meio de bomba manual ou mecânica e na quantificação da água necessária para os ajustes de pressão. Os ensaios devem ser efectuados por secções individualizadas das canalizações ou por conjuntos de secções,

havendo um ensaio final de toda a obra executada. Os resultados dos ensaios devem constar de relatório escrito a elaborar pelo Adjudicatário e a aprovar pela Fiscalização.

Métodos de Ensaio

O comprimento de cada troço de canalização submetido ao presente ensaio deve ser fixado pela Fiscalização, tendo em conta, entre outros, os seguintes condicionamentos:

- Condições locais e natureza do terreno;
- Extensão total da canalização a ensaiar;
- Perfil da canalização;
- Variação da pressão de serviço nos limites do troço;
- Localização dos maciços de encosto e amarração;
- Disponibilidade de água para o ensaio;
- Disponibilidade de maciços para os obturadores provisórios da secção a ensaiar;
- Inconvenientes que possam advir para o tráfego.

O comprimento recomendado da secção de ensaio deve estar compreendido entre 500 e 1000 metros. Para além de casos excepcionais aceites pela Fiscalização, podem no entanto ser admitidas secções mais compridas desde que, durante o ensaio, a pressão no ponto mais elevado do troço não seja inferior a 0,8 vezes a pressão no ponto mais baixo do mesmo troço.

Preparação dos troços a ensaiar

Cada troço a ensaiar deve ser previamente ancorado por meio de maciços de amarração ou outros dispositivos de carácter provisório, que se julguem necessários, de modo a evitar deslocamentos da canalização durante os ensaios. Não podem efectuar-se os ensaios enquanto não decorrerem 7 dias após a betonagem do último maciço de amarração do troço a ensaiar, no caso de se usar cimento Portland normal, ou 36 horas no caso de se usar cimento de presa rápida. Os ensaios serão realizados com valas abertas, para melhor se poder detectar, pela inspecção visual, qualquer deficiência de execução das juntas ou nas paredes dos tubos. Os tubos devem ser parcialmente cobertos por montículos do material de aterro com altura de 0,30 m acima da geratriz superior para diâmetros até 200 mm e de 0,50 m para os diâmetros superiores. Todavia, a Fiscalização poderá permitir que os ensaios se realizem com as valas aterradas, mas com a zona das juntas a descoberto. Em qualquer dos casos, os aterros, maciços ou outros apoios devem garantir que a pressão interior não cause nenhum deslocamento dos tubos.

Enchimento das secções a ensaiar

A secção de canalização a ensaiar deve ser cheia de água, a um débito suficientemente lento para assegurar uma expulsão total do ar e deve-se, sempre que possível, introduzir a água no ponto mais baixo da secção de ensaio, aproveitando as descargas de fundo existentes, ou deixando previstos dispositivos para o efeito. Durante o enchimento, deve assegurar-se que todas as ventosas ou outros dispositivos de purga colocados nos postos altos das canalizações estejam em funcionamento (verificar se todas as válvulas de seccionamento das ventosas ou dos dispositivos de purga estão abertas). O débito aproximado que se recomenda para o enchimento da canalização deve ser baseado numa velocidade de 0,05 m/s e calculado pela seguinte fórmula:

$$Q = V * S = 0,05 * \frac{\pi}{D} * d * \frac{d}{1000}$$

Onde:

Q – débito de enchimento, l/s;

d - diâmetro interior do tubo, mm.

Aparelhagem de ensaio

A pressão hidráulica, na secção de ensaio, é aplicada por meio de uma bomba adequada, manual ou mecânica, de acordo com a dimensão da canalização a ensaiar. O reservatório da bomba deve possuir um dispositivo de medição das quantidades de água de reajustamento para manter a pressão requerida. A precisão desse dispositivo deve ser de $\pm 1,0$ litros. Deve dispor-se igualmente de um manómetro calibrado, ligado à canalização em ensaio (de preferência no seu ponto mais baixo), que permita leituras de pressão com uma precisão de 10 KPa. Como, em geral, os manómetros têm o seu máximo de sensibilidade aproximadamente ao meio da escala das graduações, recomenda-se que a escolha daquele aparelho seja feita de maneira que a leitura não tenha lugar na extremidade da escala. Exemplificando, para uma pressão de ensaio de 1,5 MPa, deve ser escolhido um manómetro de 2,5 MPa e nunca de 1,6 MPa.

Ensaio preliminar

Após enchimento da secção de ensaio, esta deve permanecer durante um período de 24 horas sob pressão estática inferior ou igual à pressão da secção em causa. Se, a seguir a uma eventual falha ou avaria, se perder uma parte ou totalidade da água, o processo de enchimento citado deve ser repetido após reparação da canalização. Se a canalização se encontrar parcialmente enterrada, as partes visíveis devem ser inspeccionadas visualmente após o período de 24 horas.

Ensaio de pressão

Se durante a inspecção visual não forem detectadas fugas de água ou deslocamentos apreciáveis da canalização, a secção deve ser submetida ao ensaio de pressão propriamente dito. Durante a subida gradual da pressão entre o ensaio preliminar e o ensaio propriamente dito, devem ser tomadas as precauções necessárias à evacuação do ar residual.

A pressão de ensaio (P_e) deve ser calculada a partir da máxima pressão de serviço (P_s), de acordo com as expressões indicadas no quadro 39.

Quadro 39 – Pressão do ensaio consoante o tipo de tubo

Tipo de tubo	Pressão do ensaio (Pe)
Fibrocimento	Ps < 1 MPa Pe = 1,5 x Ps e não inferior a 0,4 MPa
	Ps > 1 MPa Pe = Ps + 0,5 Mpa
Ferro galvanizado	Pe = 1,5 Ps e não inferior a 0,8 Mpa
PVC rígido e de polietileno	Pe = 1,5 Ps e não inferior a 0,6 Mpa
Betão	Pe = 1,3 Ps e não inferior a 0,3 MPa

As pressões de ensaio para os **tubos de fibrocimento, ferro fundido e ferro galvanizado** devem ser mantidas durante os tempos indicados no quadro 40.

Quadro 40 – Duração das pressões de ensaio

Diâmetro	Duração
< 700 mm	1 hora
≥ 700 mm	2 horas

As pressões de ensaio para os tubos **PVC rígido e de polietileno** devem ser mantidas durante duração 1 hora.

As pressões de ensaio para os **tubos de betão** devem ser repostas hora a hora, medindo-se o volume de água bombeado em cada operação. A duração do ensaio será de 48 horas, podendo ser suspenso ao fim de 6 horas, se os volumes de água perdida na tubagem forem significativamente inferiores aos valores calculados pelas expressões indicadas no capítulo seguinte.

Condições de recepção das canalizações

Para os Tubos de fibrocimento, ferro fundido, ferro galvanizado, PVC rígido e polietileno considera-se que a canalização está satisfatoriamente assente quando a quantidade de água necessária para repor a pressão no valor inicial for inferior ao valor dado pela expressão:

$$Q = XND\sqrt{P_e}$$

Onde:

- Q – Quantidade de água bombada para repor o valor inicial da pressão de ensaio (litros);
- X – igual a 0,02 ou 0,032 quando a duração dos ensaios for, respectivamente, 1 ou 2 horas;
- N – número de juntas;
- D – diâmetro interior da canalização (em metros);
- Pe – pressão de ensaio (em KPa).

Para os Tubos de betão considera-se que a canalização está satisfatoriamente assente quanto a quantidade de água necessária para repor a pressão no valor inicial for inferior ou igual ao valor dado pelas expressões:

$$Q = 0,5DLT \quad (\text{Tubos com cilindro de aço})$$

$$Q = DLT \quad (\text{Tubos sem cilindro de aço})$$

Onde:

Q – quantidade de água bombada para repor o valor inicial da pressão de ensaio (litros);

D – diâmetro da tubagem (mm);

L – comprimento do troço (km);

T – duração do ensaio (dias).

Depois de concluídos os ensaios de dois ou mais troços contíguos, deve o conjunto dos troços ser submetido a um ensaio de pressão durante duas horas, pelo menos à pressão não inferior à pressão de serviço para a qual as canalizações foram dimensionadas, para que as juntas entre cada um dos troços parciais possam ser sujeitas a ensaio. Quando a quantidade de água necessária para o ajuste da pressão de ensaio for superior à permitida, deverá procurar-se o defeito e remediá-lo, não podendo a canalização ser aprovada, sem que noutro ensaio se obtenha como resultado, uma fuga inferior ou igual à calculada pelas fórmulas apresentadas.

Precauções a tomarem durante a realização dos ensaios

Durante a realização dos ensaios devem ser tomadas as seguintes precauções:

- Nenhum homem deve permanecer na vala enquanto se processe a subida de pressão;
- Durante o período de ensaio, apenas o operador necessário à realização do mesmo pode permanecer na vala;
- O operador nunca se deve colocar, durante o ensaio, junto a bocas de inspecção ou visita, obturadores, curvas ou tês.

4.6.9.12. Desinfecção das redes de distribuição de água

As redes de distribuição de água devem ser obrigatoriamente, desinfectadas. A desinfecção de cada rede deve ser feita da seguinte forma:

- A rede deve ser cheia, na sua totalidade, com água com uma dose de hipoclorito de sódio tal que o teor de cloro residual livre seja de 10 ppm;
- A água da rede deve ser renovada até ao seu teor em cloro residual livre seja de 2 ppm;
- A renovação da água na tubagem deve ser feita pela abertura de torneiras de serviço situadas nos pontos mais altos da instalação.

4.6.9.13. Execução de camadas de pavimentos (reposição)

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 3-Pavimentação.

4.7. INSTALAÇÃO DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES OU REPOSIÇÃO DE REDES AFECTADAS

4.7.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

Todas as peças prefabricadas deverão ser acompanhadas de certificados que garantam o cumprimento das especificações que em seguida se enumeram, e ainda que cumpram o especificado em 4.2.1.

4.7.1.1. Fornecimento e instalação de postes, linhas e/ou cabos (aéreos e subterrâneos) de telecomunicações

O fornecimento de postes e cabos (aéreos e subterrâneos) de telecomunicações, é da inteira responsabilidade e encargo do Portugal Telecom tanto em itinerários novos como em existentes.

4.7.1.2. Tubos para instalação de cabos

As condutas para cabos de fibra óptica, têm características próprias quanto aos tubos utilizados ou quanto à posição relativa entre eles (formação).

Os tubos e materiais utilizados, estão especificados para as condições normais de instalação em que a construção de condutas não necessita de envolvimento em betão.

Os materiais utilizados na construção de condutas encontram-se descritos na “Instrução Técnica para Traçados de Condutas para Cabos de Fibra Óptica, da Portugal Telecom” e são os seguintes:

- Tritubo de polietileno de alta densidade (PEAD), diâmetro 40 mm, classe de pressão 1MPa;
- Tubo PVC 10, diâmetro 110 mm, classe de pressão 0,6 MPa.

A espessura da parede do tubo PVC 10 é de 4 mm. A robustez especificada para estes tubos permite, em situações normais, a construção de condutas sem envolvimento em betão.

A ligação dos tubos de PVC deve ser feita por encaixe macho-fêmea, devendo ser aplicada cola adequada ou outro material que garanta a estanquicidade no interior dos tubos.

Tampão simples

Deve ser utilizado no fecho de tubo PEAD, diâmetro 40 mm.

Espaçadeiras ou pentes

Devem ser instalados de 3 em 3 metros para garantir a distância entre tubos de uma formação.

Mandril e escovilhão

Devem ser utilizados para verificação da desobstrução dos tubos e limpeza do seu interior, respectivamente.

Marco

Deve ser utilizado para assinalar a localização das infraestruturas.

4.6.1.3. Caixas de visita, com tampa e aro, construídas “in situ” ou compostas por elementos prefabricados

As câmaras de visita a construir, devem obedecer à especificação técnica com o título “Câmaras de Visita” do Portugal Telecom.

Câmaras de visita circulares

As câmaras de visita circulares, a utilizar na construção de infraestruturas para cabos de fibra óptica, devem ser prefabricadas, do tipo “cavan”, sendo formadas pelos seguintes elementos:

- Chaminé – constituída por uma manilha tronco-cónica; (diâmetro maior =1,2 m; diâmetro menor =0,5 m). O topo deve permitir a instalação de aro e respectiva tampa em ferro fundido;
- Corpo – constituído por uma ou duas manilhas cilíndricas (diâmetro =1,2 m);
- Base – laje inferior, com uma cavidade que permite retirar água do interior da câmara.

Para garantir o fecho das câmaras, deve ser instalado no seu topo o aro com a respectiva tampa redonda.

Câmaras de visita rectangulares

As câmaras de visita rectangulares podem ser construídas “in situ” ou serem prefabricadas, apresentando as seguintes dimensões: comprimento = 1,2 m; largura = 0,75 m; altura = 1,0 m.

São constituídas pelos seguintes elementos:

- O corpo, por onde se faz, lateralmente, a entrada dos tubos a 0,20 m da base. As faces superiores do corpo permitem a instalação de aros e respectivas tampas rectangulares;
- A laje inferior, com uma cavidade que permite retirar água do interior da câmara;
- As tampas, com dimensão 0,75 x 0,3 (m) são instaladas transversalmente em número de 4.

4.7.1.4. Fita plástica sinalizadora

Características especificadas nas “Instruções Técnicas de Traçados de Conduitas para Cabos de Fibras Ópticas, da Portugal Telecom”.

4.7.1.5. Materiais para aterro de valas

Deverão ser cumpridas as Prescrições constantes neste Caderno de Encargos em 4.6.1.5. *Materiais para aterro de valas*.

4.7.1.6. Materiais para camadas de pavimentos (reposição) e betão tipo c 12/15

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo – *Pavimentação*.

4.7.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

No que for aplicável será cumprido o especificado em 4.6.9.1. *Disposições Gerais* e 4.6.9.2. *Abertura de valas*.

4.7.2.1. Fornecimento e instalação de postes, linhas e/ou cabos (aéreos e subterrâneos) de telecomunicações

A execução de todos os trabalhos inerentes à instalação de postes e cabos (aéreos e subterrâneos) de telecomunicações, é da inteira responsabilidade e encargo do Portugal Telecom tanto em itinerários novos como em existentes.

4.7.2.2. Abertura de valas para a instalação de tubos ou cabos

A construção de infraestruturas pela EP, será feita de acordo com projectos gerais elaborados por ela ou sob sua orientação, tendo como base as normas constantes da publicação “Traçado de condutas para cabos de fibras ópticas” código NA PT MG 042 DE de 96/02/19 elaborado pela Portugal Telecom.

As valas serão executadas ao longo das bermas e terão profundidades (H) e larguras (L) consoante o local de instalação e o terreno em que venham a ser executadas.

Assim devem ser cumpridas as profundidades e larguras prescritas no quadro 41.

Quadro 41 – Profundidades e larguras das valas de instalação de tubos ou cabos.

Local e terreno de instalação		H (m)	L (m)
Na berma	Com guarda de segurança instalada	0,8	0,25
	Sem guarda de segurança	1,2	0,45
Fora da berma da estrada ou nos terrenos circundantes	Terreno normal	0,8	0,25
	Terreno agrícola	1,0	0,45
	Terreno rochoso	H = 0,55 m com penetração na rocha, de pelo menos 0,2 m. O tritubo deve ficar assente sobre camada de areia de 0,05 m.	

4.7.2.3. Instalação de tubos nas valas

Os tubos devem ficar assentes sobre uma camada de areia com a espessura referida no projecto.

Antes deste procedimento devem tomar-se as seguintes precauções:

- Serem retirados do fundo da trincheira todos os detritos que possam danificar os tubos;
- O fundo da trincheira ser aplanado de modo a que não tenha ondulações superiores a 0,05 m;

O terreno envolvente dos tubos deve ser isento de detritos que os possam danificar.

- A colocação de betão tipo C 12/15, para execução do leito de assentamento de tubagens, deverá obedecer às prescrições da “Instrução Técnica para Traçados de Conduitas para Cabos de Fibra Óptica, da Portugal Telecom”, que são as seguintes:
- Junto a muros de suporte na berma da estrada, a colocação do tritubo deve ser feita com o enchimento da vala com betão, visto tratar-se de uma zona com grandes tensões de compressão. Altura da camada de betão $H = 0,5$ m.
- Na travessia de estradas, a infraestrutura subterrânea, deve também ser reforçada com betão tipo C 12/15.

A fita plástica sinalizadora deverá ser colocada de acordo com o especificado nas “Instruções Técnicas de Traçados de Conduitas para Cabos de Fibras Ópticas, da Portugal Telecom”.

Em tudo o que lhe digas respeito, mantêm-se ainda as prescrições constantes neste Caderno de Encargos em 4.7.2.3. *Abertura e aterro de valas*.

4.7.2.4. Aterro de valas e execução de camadas de pavimentos (reposição)

As primeiras camadas de aterro não devem ter espessura, antes da compactação, superior a 0,20 m. Na parte superior das valas este limite é de 0,30 m.

Prevê-se a realização de ensaios de compactação, devendo obter-se um grau de compactação mínimo de 90% em relação ao ensaio Proctor Modificado.

Os materiais sobranes devem ser transportados a depósito.

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se ainda as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo 1 – *Terraplenagens*, no capítulo 2-*Drenagem* e ainda em 4.7.2.3. *Abertura e aterro de valas*.

4.8. INSTALAÇÃO DE REDES DE TRANSPORTE E/OU DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA, DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E ACESSÓRIOS OU REPOSIÇÃO DAS AFECTADAS

4.8.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS PARA REDES DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA E ACESSÓRIOS

Todas as peças prefabricadas deverão ser acompanhadas de certificados que garantam o cumprimento das especificações que em seguida se enumeram, e ainda que cumpram o especificado em 4.2.1.

As características dos materiais para redes de transporte e/ou distribuição de energia, via aérea e via subterrânea, deverão estar de acordo com as normas em vigor e especificações do operador.

4.8.1.1. Tubagem em PVC

Os tubos e acessórios a utilizar nas instalações eléctricas, servem para o encaminhamento dos cabos.

Os tubos a utilizar serão em PVC rígido (cloreto de vinilo) devendo obedecer às Normas em vigor.

A pressão nominal mínima será de $P_n \geq 8 \text{ kg/cm}^2$, sendo os diâmetros os indicados no Projecto ou nas recomendações dos Operadores de Fornecimento de Energia Locais.

4.8.7.1.2. Cabos

Os cabos a utilizar nas Instalações Eléctricas serão os indicados no Projecto, devendo no entanto considerar-se que; deverão obedecer às Normas Portuguesas em vigor, estar de acordo com o tipo e modo de instalação indicado no Regulamento Português (Art.º 53 e 71º do Regulamento de Redes de Baixa Tensão).

Os cabos, a instalar no interior das colunas de iluminação será do tipo flexível, com a bainha adequada às temperaturas e vibrações inerentes, devendo ser de cor preta.

Os cabos e condutores previstos são os seguintes:

- Cabo H1VZ4V (VAV) – constituído por condutores rígidos de cobre macio, com isolamento e bainha interior de policloreto de vinilo (PVC), armadura de fitas de aço e bainha exterior de PVC, obedecendo à NP – 2365/CEI – 502;
- Cabo VV (0,6/1KV) (preto) – constituído por condutores rígidos de cobre macio com isolamento e bainha exterior de PVC, de acordo com a NP – 2365/CEI – 502;
- Cabo H05VV – F (FVV)-constituído por condutores flexíveis de cobre macio, isolados a policloreto de vinilo (PVC), obedecendo à NP – 2356/5, CENELEC HD – 21 – 552;

4.8.1.3. Armários de distribuição, seccionamento, sem contagem de energia, constituindo quadro eléctrico com esquema de comando e resistência de aquecimento

Os Armários deverão ser fabricados em poliéster reforçado a fibra de vidro, auto-extinguível a 960°C, com porta provida de fechadura, com índice de protecção IP 65, para o número de saídas em tipo triboco indicado no Projecto, ou de modo a conter o esquema indicado em Peças Desenhadas.

Em face devidamente orientada, deverá existir janela em vidro ou plástico transparente, com o fito de, através da projecção luminosa de exterior, fazer accionar o interruptor crepuscular que comandará o sistema. (Esta janela só será instalada nos armários onde figure este comando).

Interiormente deverão ser possuidores de estrutura constituída por travessas metálicas agregadas a barras verticais em idêntico material devidamente galvanizado, designado por bastidor, no qual deverão ficar, solidamente montados, todos os órgãos de corte, comando e protecção dos circuitos indicados em Peças Desenhadas.

O Armário conterá uma resistência dos equipamentos com o mínimo de potência de 60W.

4.8.1.4. Armários de distribuição, seccionamento, com contagem de energia em compartimento separado, constituindo quadro eléctrico com esquema de comando e resistência de aquecimento

Deverão ser cumpridas as especificações constantes neste Caderno de Encargos em 4.7.1.3. *Armários de distribuição, seccionamento, sem contagem de energia, constituindo quadro eléctrico com esquema de comando e resistência de aquecimento.* Serão cumpridas ainda as seguintes prescrições.

No interior do Armário será criado compartimento com dimensões adequadas à montagem, de todos os órgãos inerentes à contagem de energia eléctrica, por parte do Operador Local. Este espaço deverá ficar separado do quadro eléctrico por parede em idêntico material do armário. O compartimento em apreço deverá ficar equipado com porta individualizada podendo ficar provida de janela de leitura, em vidro ou plástico transparente na zona confinante com o contador de energia.

4.8.1.5. Eléctrodo de terra, tipo piquet com condutor de terra de cobre tipo V de 35 mm² devidamente enterrado, instalado e ligado

O eléctrodo de terra, tipo piquet será constituído por varetas de aço revestidas a cobre de acordo com o Regulamento em Vigor. Está considerado neste item como sendo de diâmetro 15 mm e 2 m de comprimento, sendo no entanto instaladas tantas varetas, quantas as requeridas, para conseguir um valor ohmico de resistência de terra da ordem dos 10 Ohms.

A colocação do eléctrodo no terreno será feita com recurso a equipamento apropriado que garanta a manutenção das suas características depois de percutido.

Considera-se também incluído, para além dos terminais e braçadeiras de aperto o cabo 35 mm² de secção para ligações.

4.8.1.6. Eléctrodo de terra

O eléctrodo de terra, em chapa de cobre deverá ter 1m² de área com 3 m de espessura. O condutor de terra será de cobre tipo V de 35 mm².

A ligação do cabo de cobre à chapa deverá ser efectuada por soldadura com diversos pontos. Deverá ser instalado em buraco aberto no terreno. A sua montagem deverá estar de acordo com o indicado no Regulamento de Instalações Eléctricas. A reposição do pavimento ficará a cargo do adjudicatário.

4.8.1.7. Colunas metálicas

As colunas metálicas a utilizar terão tratamento anti-corrosão, serão equipadas com portinhola e seccionadores-fusíveis classe ii, totalmente electrificadas, incluindo cabos de ligação às luminárias.

As colunas deverão ser fabricadas em aço galvanizado (ST 37), com ou sem braço, de formato tronco-cónico de uma só peça ou em secções fraccionadas tronco-pirâmidaes octogonais.

As colunas deverão obedecer genericamente ao indicado pelo Distribuidor de Energia Eléctrica da área da instalação aconselhando-se que tenha:

- Protecção anti-corrosiva por galvanização por imersão a quente com uma espessura mínima de 80 µm, segundo a Norma BS729 de 1971;
- No processo de fabrico dá-se preferência à execução de apenas uma costura longitudinal.
- As colunas devem ser fabricadas para suportarem, no mínimo, ventos até 160 Km/h;

- Devem trazer gravadas pelo menos a Ref^a nome, marca ou símbolo do fabricante e ano de fabrico.

As colunas ou são para enterrar ou para instalação em maciço com flange adequada.

As colunas devem apresentar portinhola, com dimensões não inferiores a 300 x 100 mm. A tampa deve fechar com um parafuso em aço inox, qualidade A2, imperdível, de cabeça cilíndrica, sextavado interior M 8 x 25. No interior da portinhola deverão ser soldadas 2 barras de 20 x 5 m (ao baixo com 1 furo roscado a M 8 centrado) destinadas à fixação da placa de suporte do quadro e do borne de ligação à terra (distância entre as barras 180 mm).

A protecção contra a penetração de líquidos não deve ser inferior a 5. A cota de colocação da portinhola, relativamente ao solo deve estar compreendida entre 500 e 800 mm o índice de protecção geral não deve ser inferior a IP 459.

O quadro eléctrico da portinhola deve ser da Classe II com seccionador porta-fusíveis. A ligação dos cabos deve ser feita em bornes de ligação à prova do contacto do dedo de prova.

A coluna considera-se totalmente electrificada, desde o quadro até às luminárias assim como com todas as ligações de terra e/ou outros acessórios inerentes à montagem.

4.8.1.8. Luminárias

As luminárias deverão ter base em chapa de aço macio, com compartimento óptico de estanquicidade reforçada e com difusor em policarbonato transparente.

Aconselha-se como valor mínimo $IP \geq 54$, para o compartimento óptico, consoante o local de instalação e o IP 43 para o compartimento dos acessórios.

As luminárias consideram-se sempre totalmente electrificadas incluindo os acessórios necessários e inerentes ao tipo de lâmpada utilizada.

Deverá garantir-se que o compartimento geral envolvente não sofrerá deformações por efeitos atmosféricos e será garantida a sua pintura e/ou configuração e estanquicidade.

4.8.1.9. Postos de transformação aéreos

Os postos de transformação aéreos serão de instalação em linha aérea do tipo AS e obedecerão em tudo ao indicado pela Direcção Geral de Energia. (Projecto Tipo).

Deverá ser contactada a Empresa Distribuidora Local para acordar qual o tipo de poste de betão a instalar, assim como o respectivo maciço e especificações especiais para o equipamento a instalar.

4.8.1.10. Postos de transformação em cabine

Os postos de transformação em cabine deverão obedecer ao estipulado pela Empresa Distribuidora do Local, devendo os projectistas verificar localmente o tipo de instalação pretendido, sua composição e equipamentos aconselhados.

No que respeita ao modo construtivo deverá considerar-se que a edificação terá a sua estrutura principal a partir de fundações, lintéis, pilares e vigas, em betão armado, de acordo com as

especificações definidas no capítulo referente às *Obras de Arte Integradas*. O preenchimento será em alvenaria de tijolo com reboco a cimento e posterior pintura de cor a definir pela Fiscalização.

A cobertura deverá ser placa em betão armado, com consequente impermeabilização através de tela asfáltica.

No pavimento interior deverá ser aberta caleira, para estabelecimento de cabos, aproximadamente com 0,40x0,50 m (largura x profundidade), a partir da zona de recepção exterior dos cabos de média tensão servindo inferiormente as celas prefabricadas, o transformador de potência, o quadro geral de baixa tensão e terminando na zona de saída dos cabos do utilizador.

Deve comunicar com o exterior através de porta metálica de duas folhas, com abertura para fora, apresentando as dimensões mínimas susceptíveis de permitirem uma fácil passagem do transformador de potência.

Exteriormente e em cota visível ser-lhes-ão fixadas, por cravação, chapas metálicas com a indicação PERIGO DE MORTE e com o n.º. do PT e telefone do Operador.

Por cima da porta deverá ser colocada janela metálica com persianas fixas a 45º com a maior dimensão correspondente à largura daquela e uma altura de 0,40 m. A parte interior da janela deverá ser objecto de aplicação de rede metálica com quadrícula de 2 mm.

O anterior raciocínio terá aplicação no alçado posterior da cabine, à cota de 0,20 m e com a maior dimensão correspondente à largura do transformador de potência.

Todas as partes activas, à vista, no interior do PT deverão ter acessibilidade condicionada através de cela em rede de arame com a quadrícula de 2 cm, em caixilharia de cantoneira robusta, com prumos chumbados ao pavimento. A porta de acesso ao transformador deverá ser fabricada em idênticos materiais e com canhão de fechadura, gerador de encravamento mecânico de acesso, ou seja, a mesma chave deverá abrir as celas de entrada e protecção (média tensão desligada) e só depois a porta da cela do transformador, o que implicará a observância da actuação inversa (religação do sistema). Estas especificações referem-se a instalação de PT em tipo de cela aberta, sendo apenas aplicado em alguns casos especiais quando o PT for do tipo cela fechada.

4.8.1.11. Materiais para aterro de valas

Deverão ser cumpridas as Prescrições constantes neste Caderno de Encargos em 4.6.1.5. *Materiais para aterro de valas*.

4.8.1.12. Materiais para camadas de pavimentos (reposição)

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo – *Pavimentação*.

4.8.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

4.8.2.1. Maciços de betão, simples ou armado, para colunas de iluminação

Os maciços de betão armado para as colunas de iluminação serão executadas de acordo com os desenhos tipo do Projecto e segundo as características do local de implantação.

Os maciços estarão sempre relacionados com o tipo de coluna e deverão ser certificados pelo fabricante das mesmas.

O betão armado seguirá, em tudo que lhe for aplicável, as especificações constantes neste Caderno de Encargos no capítulo referente às *Obras de Arte Integradas*.

Os parafusos roscados a chumbar no maciço deverão ser em inox ou em aço galvanizado, de modo a não sofrerem os efeitos da corrosão.

4.8.2.2. Maciços para quadros eléctricos

Os Armários de Distribuição ficarão assentes em maciços de betão ou outro material apropriado para o efeito (pré-fabricado de betão ou de poliéster reforçado a fibra de vidro).

Poderão também ser de execução local em alvenaria de tijolo, nestes casos será devidamente rebocado exteriormente.

O maciço deverá ter dupla utilidade de fixação do armário e protecção mecânica, assim como o encaminhamento dos cabos eléctricos até ao estabelecimento horizontal.

Os maciços deverão ficar sobreelevados do solo, no mínimo de 15 cm.

4.8.2.3. Abertura e aterro de valas

Na abertura de valas deverá atender-se ao estipulado neste Caderno de Encargos em 4.6.9.2. *Abertura de valas*. Deverão ainda ser cumpridas as disposições seguintes.

Profundidade das valas

As valas serão, em regra, escavadas até às profundidades indicadas no projecto e aprofundadas o suficiente para comportarem a almofada de areia que a natureza do terreno requer.

Os valores mínimos para a vala tipo das Redes de BT serão:

- Largura 0,50 m
- Profundidade 0,80 m
- Volume unitário de escavação 0,40 m³/m

Os valores mínimos para a vala tipo das Redes de MT serão:

- Largura 0,60 m
- Profundidade 1,20 m
- Volume unitário de escavação 0,72 m³/m

A observância preferencial dos perfis tipo de escavação anteriormente definidos, não exclui a eventual necessidade de realização de trabalhos de escavação segundo outros perfis eventualmente definidos em projecto ou acordados em obra com a Fiscalização.

Aterro das valas

O aterro de cada uma das valas só poderá iniciar-se na presença da Fiscalização ou com a sua expressa autorização.

A primeira camada de aterro (20 cm) a colocar no fundo das valas, deverá ser constituída por areia limpa ou qualquer outro material granular fino, formando uma almofada regular e homogênea, que servirá de leito aos tubos e/ou cabos e se colocará antes da instalação destes.

Depois dos tubos e/ou cabos montados, colocam-se as outras camadas de aterro, também em areia limpa, ou outro material granular fino ou solos escolhidos entre os produtos da escavação, realizando assim o envolvimento e o recobrimento dos tubos até cerca de 30 cm acima do extradorso. De seguida será colocada uma faixa de rede sinalizadora em nylon ao longo de todo o comprimento da vala.

Acima desta última camada, o aterro deverá fazer-se com produtos de escavação da própria vala, desde que sejam isentos de raízes e outros detritos orgânicos prejudiciais à sua estabilidade e boa consolidação por cima.

Sensivelmente à profundidade de 30 cm abaixo do nível do pavimento será colocada uma fita plástica (vermelha / branca) ao longo de todo o curso da vala.

As primeiras camadas de aterro não devem ter espessura, antes da compactação, superior a 0,20 m. Na parte superior das valas este limite é de 0,30 m.

Prevê-se a realização de ensaios de compactação, devendo obter-se um grau de compactação mínimo de 90% em relação ao ensaio Proctor Modificado.

Os materiais sobranes devem ser transportados a depósito.

Sempre que houver necessidade de executar uma travessia em pavimento existente, ela nunca poderá ser feita em “céu aberto” recorrendo-se, para este efeito, ao processo de abertura de galeria com máquina “toupeira”.

4.8.2.4. Travessias, inferiores a vias de comunicação ou outras

Os atravessamentos a executar serão executados em tubo PVC com o diâmetro indicado nas Peças Desenhadas.

Os atravessamentos destinar-se-ão a cabos de MT e BT, nas condições indicadas nos pontos seguintes.

As travessias destinadas a cabos de MT e de BT serão instaladas abaixo das travessias de telecomunicações, não devendo em caso algum situar-se a menos de 0,80 m do pavimento para os cabos de BT e de 1,2 m para os cabos de MT.

Cada tubo deverá conter arame zincado de 4 mm de diâmetro, ao longo de todo o seu traçado.

Em cada caixa de visita, nas extremidades dos tubos, colocar-se-ão tampões de material apropriado expandível, para se evitar a entrada de elementos estranhos. Todos os tubos, à chegada e da saída das caixas, deverão ser aborcardados.

Na instalação dos tubos deverá ser dado um ligeiro declive de modo a que as águas pluviais ou de condensação tenham tendência para se escoarem para as caixas.

4.8.2.5. Execução de caixas de visita e/ou ligação, com tampa e aro construídas “in situ” ou compostas por elementos prefabricados

Caixas de visita para rede subterrânea BT/MT

Conforme a localização e finalidade prevista para as caixas ou câmaras de visita para rede subterrânea, (inspecção, enfiamento de passagem ou de ângulo, etc) serão construídas caixas de visita com características dimensionais e construtivas diferentes.

As **caixas de visita em alvenaria** são constituídas por:

- Laje ou base de assentamento em betão B20, com 0,10 m de espessura, com uma armadura constituída por varão de aço de 10 mm, afastado de 0,15 m;
- Câmara inferior quadrangular, constituída localmente sobre a laje de assentamento, com blocos de cimento de 0,20 m, apresentando o conjunto dimensões lineares delimitando uma área exterior de 2,2 m². As paredes desta câmara não necessitarão de reboco de acabamento.
- Um tronco cone prefabricado de 1,25 m de diâmetro e 0,10 m de espessura de parede, que assentando sobre as paredes da câmara inferior, garantirá o fecho do conjunto e permitirá o posterior acesso às canalizações através de alçapão previsto, com aro e tampa circular em ferro fundido reforçado.

O conjunto será construído de forma a garantir uma altura útil de 1,5 m e a selagem no encontro da câmara inferior com o tronco-cône de cobertura, será realizado com argamassa de cimento, cofrado internamente se necessário. A laje de assentamento, será perfurada para permitir o fácil escoamento da água infiltrada. O aro e tampa de acesso serão em ferro fundido reforçado com resistência mecânica adequada para suportar o trânsito e estacionamento de viaturas. A tampa disporá de rasgos adequados à introdução de ferramenta apropriada para proceder ao seu levantamento. Nas paredes laterais da câmara inferior serão feitas aberturas para permitir o acesso das tubagens previstas. Na fase de acabamento será feita a selagem com cimento dos rasgos que permitiram o acesso das tubagens.

As **caixas de visita pré-fabricadas** são constituídas por:

- Laje ou base de assentamento em betão B20, com 0,10 m de espessura, com uma armadura constituída por varão de aço de 10 mm, afastado de 0,15 m;
- Câmara inferior constituída por anéis circulares prefabricados sobreponíveis, com um diâmetro interior de 1,25m, espessura de parede de 0,10 m e altura variável de modo a adaptar a altura do conjunto.
- Um tronco cone prefabricado de diâmetro interior de 1,25 m, espessura de parede de 0,10 m, que assentando sobre os anéis da câmara inferior, realizará o fecho do conjunto, garantindo o posterior acesso às canalizações, através de alçapão previsto com aro e tampa circular em ferro fundido reforçado.

O conjunto será construído de forma a proporcionar uma altura útil de 1,5 m. A laje de assentamento, será perfurada para permitir o fácil escoamento da água infiltrada. O aro e tampa de acesso serão em ferro fundido reforçado com resistência mecânica adequada para suportar o trânsito e estacionamento de viaturas. A tampa disporá de rasgos adequados à introdução de ferramenta apropriada para proceder ao seu levantamento. Nas paredes laterais da câmara inferior serão feitas aberturas para permitir o acesso das tubagens previstas. Na fase de acabamento será feita a selagem com cimento dos rasgos que permitiram o acesso das tubagens.

4.8.2.6. Armários de distribuição e seccionamento

A localização dos Armários de Distribuição serão localizados nos locais que menos prejudiquem a normal circulação de pessoas ou viaturas, os acessos existentes ou projectados, a visibilidade de montras, etc., ficando no entanto, o mais protegidos e resguardados possível. Sempre que se verifique a necessidade de melhor segurança do Armário, este deverá ficar protegido por estrutura metálica apropriada.

Deverá verificar-se uma disposição folgada no seu interior, no que respeita tanto aos órgãos de corte e protecção como aos estabelecimentos das cablagens.

Aqueles órgãos deverão ficar devidamente identificados, ao nível do painel do quadro, através de etiquetas sinaléticas que, de forma visível e indelével, terão as referências respectivas, mencionadas no Projecto.

Os pernos, parafusos e porcas serão de aço inox ou com o tratamento anti-corrosivo indispensável.

Os Armários serão ligados à terra através de condutores de terra e eléctrodos.

De acordo com o tipo de rede onde irá ficar inserido e as características construtivas do invólucro, assim será o tipo de ligação à terra.

Em princípio, todas as massas serão ligadas ao neutro e este à terra. Se a rede existente não o permitir, a ligação à terra das massas será independente da ligação do neutro.

Em qualquer dos casos a interligação entre as diversas massas será executada com tranças de cobre de 16 mm² de secção, ligada às massas por intermédio de terminais de cravar de superior qualidade.

O condutor de terra será do tipo VV de bainha exterior de cor preta e interior verde-amarela.

No caso de terras distintas, a identificação da terra de serviço deverá ser feita com recurso ao enfitamento da extremidade do cabo com fita de cor azul.

A ligação deste cabo ao barramento respectivo, será feita através de terminais apropriados para cobre para a secção de 35 mm². No eléctrodo a ligação do cabo será feita com abraçadeiras para eléctrodo de terra.

4.8.2.7. Terminações e uniões em cabos de baixa tensão

Na execução de terminações e uniões, deverão ser tomados cuidados especiais relativamente à higiene e limpeza dos equipamentos, ferramentas e mesmo do local de trabalho. Deverão ainda ser rigorosamente seguidas as prescrições dos fabricantes e as normas e recomendações, nomeadamente na preparação e fixação dos cabos e na cravação de uniões e terminais.

Na aplicação dos ligadores de união e terminais deverão ser rigorosamente cumpridas as prescrições dos fabricantes desses materiais.

Em princípio serão utilizados ligadores terminais e de união fabricados segundo a Norma Francesa HN – 68/S/90 pelo que a cravação será executada por punção respeitando a sequência indicada pelo fabricante quer se trate de uniões ou terminais. No caso de cabos sectoriais deverá ser efectuado arredondamento prévio com as matrizes de arredondamento adequadas.

As ferramentas de cravação serão indicadas para o efeito e devem apresentar-se em óptimo estado de conservação e limpeza. Deverão, em qualquer caso garantir a pressão de cravação exigida na citada norma.

Nas terminações, a ligação da bainha à terra far-se-á utilizando trança de cobre flexível de 16 mm² de secção e de acordo com as instruções do fabricante e tipo de cabo.

A continuidade eléctrica entre a bainha e a trança será garantida através de uma abraçadeira, com parafuso apertado ao binário adequado.

Na ligação ao barramento do circuito de terra de protecção ou de serviço, utilizar-se-ão terminais de cravar de cobre estanhado com a secção adequada.

4.8.2.8. Electrificação das colunas de iluminação pública

A electrificação das colunas deverá compreender a instalação do cabo necessário para estabelecer a continuidade eléctrica entre a portinhola da coluna e a luminária.

Os cabos a utilizar serão do tipo H05VV – F 3 G, com secções mínimas de 2,5 mm² de cor preta, isolados para a tensão de 0,6 KV e deverão conter o condutor específico para a ligação de terra.

A alimentação de cada luminária será executada independentemente das demais a partir da portinhola, com cabo do tipo atrás especificado e com o número de condutores de fase igual ao número de lâmpadas das luminárias.

4.8.2.9. Ligação à terra das colunas de iluminação pública

A coluna disporá de um borne de ligação para a terra que fique electricamente soldado à massa da coluna e que permita receber o condutor de terra.

A ligação ao eléctrodo de terra deverá ser feita através de cabo H05VV – U 3 G de 35 mm² com bainha exterior de cor preta e interior de cor verde /amarela.

O valor de resistência de terra não poderá ser superior a 20 Ohm.

Se o valor da resistência for superior ao limite mencionado, deverão ser instalados mais eléctrodos até um total de três, em locais a indicar pela Fiscalização, com vista a alcançar um valor regulamentar.

4.8.2.10. Identificação das colunas

A identificação dos focos de iluminação pública será realizada pela fixação de uma placa identificativa, ou pela pintura de um código a indicar pela Fiscalização.

O modo de fixação e o local, serão definidos pela Fiscalização.

4.8.2.11. Execução de camadas de pavimentos (reposição)

Em tudo o que lhe for aplicável, mantêm-se as prescrições constantes neste Caderno de Encargos no capítulo – *Pavimentação*.

4.9. LANCIL EM BETÃO

4.9.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

O lancil será fabricado em betão tipo B 30, quando prefabricado, de acordo com o especificado neste Caderno de Encargos no capítulo 3 – Pavimentação. Deve ter colocação uniforme e ser isento de fendas.

4.9.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

O lancil assentará de modo a que apresente, na forma definitiva, um espelho de 15 cm acima do pavimento.

O lancil, quer em alinhamento recto quer em curva, deverá ficar perfeitamente alinhado e desempenado, tanto no seu espelho como na face superior.

As juntas não deverão exceder 0,3 cm e serão preenchidas com argamassa.

4.10. CONTROLO DE QUALIDADE

O controlo de qualidade referente às obras acessórias deverá cumprir todas as disposições especificadas nos restantes capítulos, no referente aos materiais com obrigatoriedade de marcação CE e materiais sem obrigatoriedade de marcação CE. O tipo e frequência dos ensaios são os descritos nos restantes capítulos de acordo com os materiais utilizados.

5

SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA

5.1. SINALIZAÇÃO HORIZONTAL – MARCAS RODOVIÁRIAS

5.1.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

5.1.1.1. Tintas para pré-marcação

As tintas a utilizar na pré-marcação devem ser, de preferência, na cor branca (cor da marca), de secagem rápida, de resistência ao desgaste compatível com o tempo de duração exigido pela data prevista para a marcação, tendo em consideração o volume de tráfego em presença.

5.1.1.2. Material termoplástico

Deverão ser seguidas as especificações da NP EN 1423 – *Materiais para marcação rodoviária. Materiais de projecção. Microesferas de vidro, agregados antiderrapantes e mistura destes dois componentes*, assim como todas as disposições seguintes.

Agregado e cargas

O agregado será constituído por areia siliciosa, calcite, quartzo ou outros produtos similares.

As cargas serão pós finos, que dão corpo ao material termo-plástico, podendo utilizar-se, por exemplo, cré (carbonato de cálcio) ou litopone.

As granulometrias dos agregados e das cargas deverão ser escolhidas de modo a permitir uma boa compacidade do material termoplástico.

Pigmento para termoplástico branco

O pigmento a utilizar será dióxido de titânio (Ti O₂).

Ligante

O ligante deverá ser constituído por um material resinoso termoplástico natural ou sintético, plastificado com óleo mineral.

Pérolas reflectoras

As pérolas deverão ser de vidro transparente ou de material equivalente que permita, por adição, tornar o material termoplástico reflector.

As pérolas deverão ser suficientemente incolores para não comunicar às marcas rodoviárias, sob a luz do dia, nenhuma modificação apreciável da cor. Consideram-se como defeituosas as pérolas não esféricas, opacas, opalescentes e que contenham bolhas de gás, de dimensão superior a 25% da sua área projectada e materiais estranhos em certa percentagem. A percentagem de pérolas não esféricas, determinada segundo a especificação ASTM 1155-53, deve ser inferior a 30%.

As microesferas de vidro não devem apresentar um índice de refacção menor que 1,5.

Para ser testada a resistência à água após 60 minutos de tratamento por refluxo com água destilada, as pérolas não devem apresentar alteração superficial apreciável, e o volume máximo admissível de solução de ácido clorídrico 0,01 N, para neutralizar a água após a realização do ensaio, será de 9 cm³.

Para ser testada a resistência aos ácidos após 90 horas de imersão numa solução diluída de ácido à temperatura de 23 ± 2 °C, estabilizada a um PH entre 5,0 e 5,3, as pérolas não devem apresentar senão uma ligeira perda de brilho em comparação com uma amostra não sujeita ao ensaio.

Para testar a resistência ao cloreto de cálcio em solução após 3 horas de imersão numa solução aquosa de cloreto de cálcio a 5,5%, à temperatura de 23 ± 2 °C, as pérolas não deverão apresentar nenhuma alteração superficial em comparação com uma amostra não sujeita ao ensaio.

A granulometria das pérolas introduzidas no material termoplástico deve estar de acordo com os valores a seguir especificados:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
1,700 mm	100
0,425 mm	0 - 10

A granulometria das pérolas de vidro, projectadas no momento da aplicação deve estar de acordo com os valores seguintes:

Peneiro ASTM	Percentagem acumulada do material que passa
1,700 mm	100
0,600 mm	80 - 100
0,425 mm	45 - 100
0,300 mm	10 - 45
0,212 mm	0 - 25
0,075 mm	0 - 5

Material termoplástico branco

O material deverá ser constituído por agregado, pigmento, cargas, ligados por um ligante plastificado com óleo mineral e pérolas de vidro com uma granulometria apropriada para se obter o efeito reflector desejado.

A composição do material deve atender às seguintes proporções em massa:

- Agregado, incluindo as pérolas $60 \pm 2\%$
- Pigmento e cargas $20 \pm 2\%$
- Pigmento 6% mínimo
- Ligante $20 \pm 2\%$
- Pérolas de vidro 20% mínimo

O material deve ainda obedecer às seguintes características:

- **Peso específico** compreendido entre 1,96 e 2,04 g/cm³;
- **Ponto de amolecimento** (anel e bola) superior a 80 °C;
- **Resistência ao abatimento** - a percentagem de diminuição da altura de um cone feito com o material, sujeito a 23 ± 2 °C, não deve ser superior a 10%;
- **Repasseamento** – o material termoplástico, aplicado sobre base de argamassa betuminosa, não deve apresentar, por repasseamento, uma variação de cor inferior ao grau 8 da escala fotográfica da especificação ASTM D 868-48;
- **Resistência ao envelhecimento acelerado** – o material termoplástico aplicado com a espessura seca de 1,5 mm sobre argamassa betuminosa, quando sujeito a envelhecimento acelerado durante 168 h numa máquina "Weather- Ometer" de arco voltaico, com o seguinte ciclo diário:
 - 17 h de luz e calor (55 °C, c/ molhagem intermitente de 18 em 18 min.)
 - 2 h de chuva forte
 - 5 h de repouso
- Não deverá apresentar qualquer defeito assinalável à observação visual.
- **Resistência à imersão em água** – o material termoplástico, com a espessura seca de 1,5 mm, aplicado sobre fibrocimento, seco durante 72 h ao ar e imerso em água à temperatura de 20 a 30 °C durante 24 horas e observado 2 horas mais tarde, não deverá apresentar empolamento, fissuração, nem destacamento em relação à base.
- **Resistência à alteração da cor** – o material termoplástico, submetido à acção da luz solar artificial durante 100 horas, não deve apresentar alteração de cor.
- **Factor de luminância** – o factor de luminância do material termoplástico branco, determinado numa direcção normal à superfície com iluminação a 45 °, por uma fonte CIE do tipo C, deve ser não inferior a 0,70 segundo a NP-522-1966.
- **Resistência à derrapagem** - O material termoplástico, com a espessura seca de 1,5 mm, deverá apresentar uma resistência ao atrito não inferior a 45 BPN, medida com o "pêndulo britânico"; em zonas pontualmente perigosas, aquele valor deverá ser superior a 50 BPN.

5.1.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

5.1.2.1. Material termoplástico de aplicação a quente

Pré-marcação

A pré-marcação é obrigatória, não sendo permitido o início da marcação sem que aquela tenha sido revista e aprovada pela Fiscalização.

Sempre que seja possível apoiar mecânicamente a marcação de uma linha na pré-marcação de outra que lhe seja paralela, a pré-marcação da primeira pode ser dispensada (caso da marcação de guias apoiadas na pré-marcação do eixo).

A pré-marcação pode ser executada por processo manual ou Mecânico.

O processo manual é realizado usando um cordel suficientemente esticado e ajustado ao desenvolvimento das respectivas marcas, ao longo do qual, por intermédio de um pincel ou outro meio auxiliar apropriado, se executa a piquetagem por pontos, por pequenos traços ou por linha contínua fina, ou recorrendo a pintura de referência ou contornos (quando há lugar à utilização de moldes).

O processo mecânico não dispensa a pré-marcação manual, sobre a qual ele se apoia. O processo mecânico é utilizado a partir da máquina de marcação, mediante utilização de um braço com ponteiro de pintura que, à direita e à esquerda, executa a piquetagem.

A pré-marcação deve prever, no pavimento a marcar, a definição descrita no quadro 42.

Quadro 42 – Definição a conter no pavimento a marcar

	Nas linhas longitudinais	Nas marcas diversas
Definição a conter no pavimento a marcar	<ul style="list-style-type: none"> – Piquetagem; – Indicação dos limites das zonas com diferentes relações traço /espaço; – Indicação dos limites das zonas de linhas contínuas. 	<ul style="list-style-type: none"> – Pintura de referência, para implantação dos moldes de execução.

Preparação da superfície

A superfície que vai ser marcada deve apresentar-se seca e livre de sujidades, detritos e poeiras.

O Empreiteiro será responsável pelo insucesso das pinturas causado por deficiente preparação da superfície.

Caso se trate de um pavimento velho e polido, deverá ser utilizado um aparelho com características adesivas adequadas ao caso em presença, a fim de se garantir uma aderência conveniente das marcas.

Marcação experimental

Para verificação da uniformidade da marcação das linhas longitudinais, quanto a dimensão, largura, homogeneidade de aplicação do produto e das pérolas de vidro e ainda para se regular o equipamento de aplicação (velocidade de avanço, pressão de ar nos bicos e no compressor, temperatura) deverá ser feita uma marcação experimental, fora da zona da obra e em local a definir pela Fiscalização, tanto quanto possível, com características semelhantes de superfície.

A passagem à marcação definitiva dependerá do parecer da Fiscalização em face dos resultados obtidos, quer em observação diurna, quer nocturna (rectroreflexão).

Marcação

A marcação não poderá ser iniciada sem que a Fiscalização tenha aprovado a pré-marcação, como já foi referido.

Para execução das marcas rodoviárias (marcação) devem ser utilizados, para aplicação de material termoplástico, o processo manual /por moldagem) e/ou o processo mecânico (spray)

A marcação manual utiliza-se na execução de:

- Marcas transversais e barras em zonas mortas;
- Setas (de selecção, de desvio e outras);
- Símbolos (sinais e outros);
- Inscrições (números e letras).

As marcas rodoviárias serão executadas em sobreespessura por colagem gravítica e espalhamento manual com emprego de moldes. A espessura seca do material aplicado deve apresentar um valor entre 2,5 e 3,0 mm. A temperatura de aplicação deve situar-se entre 165 °C e 190 °C e o tempo de secagem (ausência de pegajosidade resistente à passagem de veículos) não deve ultrapassar 2 a 3 minutos. As caldeiras de aquecimento devem estar munidas de dispositivos de agitação mecânica, para se evitar a segregação dos diversos constituintes. A utilização de sistemas de pré-aquecimento da superfície a marcar não é permitida, por princípio, a menos que a Fiscalização o reconheça como indispensável.

A marcação mecânica utiliza-se na execução de Marcas longitudinais. Deve ser concretizada com o emprego de máquinas móveis com dispositivos manuais e automáticos de aplicação do material termoplástico pulverizado (spray) e de projecção simultânea, sobre a superfície do material, de esferas de vidro. A espessura seca do material aplicado deve apresentar um valor uniforme não inferior a 1,5 mm. A temperatura de aplicação deve situar-se entre 200 °C e 220 °C e o tempo de secagem não deve ultrapassar os 40 segundos, para as espessuras previstas.

A taxa de projecção de esferas de vidro deve estar compreendida entre 400 e 500 g/m².

Aprovação das marcas

As marcas que não se apresentem nas condições exigidas (geométricas, de constituição ou de eficácia), serão rejeitadas e como tal removidas, podendo, contudo, ser repetida a execução, se houver da parte do Empreiteiro a garantia de uma rectificação conveniente e susceptível de ser aceite pela Fiscalização. A remoção deve ser efectuada no prazo de 3 dias a contar da data de notificação da

rejeição, pelo que o Empreiteiro, se o não fizer nesse prazo, ficará sujeito aos encargos resultantes da remoção que a Fiscalização mande executar por terceiros.

Eliminação de marcas

Na eventualidade de se ter que apagar marcas rodoviárias pré-existentes com o fim de se executar uma nova marcação, o processo de eliminação a utilizar deverá ser escolhido de entre os seguintes:

- Decapagem por projecção de um abrasivo sob pressão, não podendo aquele abrasivo ser areia, excepto quando a decapagem seja feita em presença da água;
- Decapagem mecânica, utilizando decapadores mecânicos ou máquinas de percussão próprias.

No caso de as marcas a eliminar serem de material termoplástico, obtêm-se melhores resultados com tempo frio, para ambos os processos indicados.

Quando aplicado qualquer dos processos descritos, devem ser tomadas as seguintes precauções:

- Quando a circulação se mantém, deverá a zona restrita dos trabalhos ser convenientemente isolada a fim de que a segurança da circulação de peões e veículos não seja afectada pelos materiais ou agentes envolvidos na obra;
- Após a decapagem, deverá ter-se o cuidado de remover, quer os detritos do material termoplástico, quer os abrasivos utilizados.

Não será permitida, em caso algum, a utilização de processos de recobrimento como método de eliminação de marcas.

5.1.2.2. Lotes, amostras e ensaios

Durante a execução dos trabalhos, e sempre que o entender, a Fiscalização reserva-se o direito de tomar amostras e mandar proceder às análises e ensaios que julgar convenientes para verificação das características dos materiais utilizados. As amostras serão, em geral, tomadas em triplicado, e levarão as indicações necessárias à sua identificação.

As análises e ensaios necessários poderão vir a ser executados pelas entidades que o dono da obra entender adequadas, por conta do Adjudicatário.

5.2. SINALIZAÇÃO VERTICAL E EQUIPAMENTO DE BALIZAGEM E DE GUIAMENTO

5.2.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

5.2.1.1. Sinais de pequena dimensão

Âmbito de aplicação

São incluídos nesta designação os seguintes sinais:

- Sinais de perigo;
- Sinais regulamentando a prioridade em intersecções;
- Sinais de regulamentação;
- Sinais de informação;
- Outros sinais: todas as baias direccionais.

Placa

As placas devem ser fabricadas em chapa de ferro polido, com a espessura mínima de 2,0 mm e o seu fabrico deverá obedecer às seguintes operações fundamentais:

Para a **moldagem** serão realizados os seguintes procedimentos:

- Corte da chapa.
- Moldagem do sinal a frio (por estampagem), ficando os símbolos em relevo, com a profundidade de 2,5 a 4,0 mm (em função da espessura do molde e dos símbolos); no caso dos sinais de STOP, a profundidade deverá ser a maior.

Para a **protecção anti-corrosiva** serão realizados os seguintes procedimentos:

- Lavagem e limpeza por processo mecânico ou químico de modo a que fique isento de quaisquer matérias estranhas, produtos de corrosão, óleo ou ácido.
- Secagem.
- Zincagem por galvanização a frio (electrolítica) c/ a esp. de 14µ (100g de zinco/m²).

Para o **Acabamento** serão realizados os seguintes procedimentos:

- Lavagem;
- Secagem;
- Pintura
- Aplicação de primário e aparelho anti-corrosivo
- Secagem em estufa
- Pintura a cores
- Secagem em estufa
- Reflectorização
- Aplicação de película retroreflectora
- Colagem daquela película em prensa de vácuo
- Secagem por infra-vermelhos.

Em alternativa e para os sinais de simples indicação e outros sinais (baías direccionais) poderá ser utilizado o sistema de quinagem dos ângulos (em substituição do sistema de moldagem a frio), com todas as restantes operações de fabrico semelhantes às já descritas.

A pintura deverá ser executada com tinta de esmalte, nas cores adoptadas nos diversos sinais, sendo a parte posterior na cor cinzenta, adoptada pela JAE (RAL 9018).

A reflectorização deverá ser efectuada com tela possuindo esferas de vidro isentas de qualquer rugosidade, constituindo uma superfície perfeitamente lisa e contínua para evitar a fixação de poeiras, facilitar a limpeza e garantir, assim, as necessárias propriedades rectro-reflectoras, numa distância nunca inferior a 400 m.

As diferentes cores adoptadas, quer nas superfícies rectro-reflectoras, quer pintadas, devem obedecer respectivamente às coordenadas e referências RAL do Código Cromático, expresso no quadro 43.

Quadro 43 – Coordenadas e referências RAL do Código Cromático para as cores

Superfícies rectro-reflectoras	Superfícies pintadas
Azul	Azul
$x_1 = 0,078$ $x_2 = 0,150$ $x_3 = 0,210$ $x_4 = 0,137$ $y_1 = 0,171$ $y_2 = 0,220$ $y_3 = 0,160$ $y_4 = 0,038$	RAL: 5019
Verde	Verde
$x_1 = 0,007$ $x_2 = 0,248$ $x_3 = 0,177$ $x_4 = 0,026$ $y_1 = 0,703$ $y_2 = 0,409$ $y_3 = 0,362$ $y_4 = 0,399$	RAL: 6016
Vermelho	Vermelho
$x_1 = 0,690$ $x_2 = 0,595$ $x_3 = 0,569$ $x_4 = 0,655$ $y_1 = 0,310$ $y_2 = 0,315$ $y_3 = 0,341$ $y_4 = 0,345$	RAL: 3002
Amarelo	Amarelo
$x_1 = 0,545$ $x_2 = 0,487$ $x_3 = 0,427$ $x_4 = 0,465$ $y_1 = 0,454$ $y_2 = 0,423$ $y_3 = 0,483$ $y_4 = 0,534$	RAL: 1006
Laranja	Laranja
$x_1 = 0,610$ $x_2 = 0,535$ $x_3 = 0,506$ $x_4 = 0,570$ $y_1 = 0,390$ $y_2 = 0,375$ $y_3 = 0,404$ $y_4 = 0,429$	RAL: 2008
Castanho	Castanho
$x_1 = 0,445$ $x_2 = 0,604$ $x_3 = 0,556$ $x_4 = 0,445$ $y_1 = 0,353$ $y_2 = 0,396$ $y_3 = 0,443$ $y_4 = 0,386$	RAL: 8011
Branco	Branco
$x_1 = 0,350$ $x_2 = 0,300$ $x_3 = 0,285$ $x_4 = 0,335$ $y_1 = 0,360$ $y_2 = 0,310$ $y_3 = 0,325$ $y_4 = 0,375$	RAL: 9010
Preto	Preto
$x_1 = 0,385$ $x_2 = 0,300$ $x_3 = 0,260$ $x_4 = 0,345$ $y_1 = 0,355$ $y_2 = 0,270$ $y_3 = 0,310$ $y_4 = 0,395$	RAL: 9011
	Cinzentos
	RAL: 7011

Os Factores de Luminância e Coeficientes de Rectro-reflexão, deverão respeitar os valores mínimos constantes do quadro 44.

Quadro 44 – Factores de Luminância e Coeficientes de Rectro-reflexão

Cores	Coeficiente de Retro-reflexão mínimo, em cd/lx.m2								Factor de Luminância mínimo β
	Ângulo de Observação, em graus sexages.								
	0,2		1/3		2,0				
	Ângulo de entrada, em graus sexages.								
	5	30	5	30	40	5	30	40	
Branco	70	30	50	24	9,0	5,0	2,5	1,5	0,35
Vermelho	15	6,0	10	4,0	1,8	0,8	0,4	0,3	0,05
Amarelo	50	22	35	16	6,0	3,0	1,5	1,0	0,27

As telas rectro-reflectoras deverão possuir em marca de água o símbolo do fabricante com a indicação do período de durabilidade devendo, quando isto não acontecer, ser apresentados os documentos de homologação ou resultados de ensaios laboratoriais das suas características, nomeadamente ópticas, cromáticas e de durabilidade.

Postes

Os postes devem ser executados em chapa de aço laminado, de $2,0 \pm 0,2$ mm de espessura, de acordo com o desenho de pormenor respectivo.

Depois de devidamente limpos levarão, como acabamento, zincagem por galvanização a quente com a espessura de 84μ (deposição de 600 g por m²).

Peças de ligação

As peças de ligação da placa ao poste, em chapa de aço com 3 mm de espessura (charneiras, parafusos, anilhas e porcas) são normalizadas, devendo obedecer ao respectivo desenho de pormenor, e levarão como acabamento, depois de devidamente limpas, zincagem por galvanização a frio (electrolítica) com a espessura de 14μ (100 g de zinco por m²).

5.2.1.2. Demarcação

Âmbito de aplicação

Incluem-se os marcos hectométricos, quilométricos e miriamétricos.

Placa

Deverá ser fabricada em chapa de ferro polida, com a espessura mínima de 2,0 mm e o seu fabrico deverá contemplar a sequência de tratamento já indicada para as placas dos sinais de pequena dimensão.

Em alternativa, admite-se o fabrico em chapa de liga de alumínio (AlMg2) com a espessura de 2 mm, enquadada por uma moldura tipo "all round" de perfil de alumínio extrudido (AlMg5).

As placas serão reflectorizadas, devendo a tela garantir, no momento de aplicação em obra, valores mínimos do Coeficiente de retro-reflexão e do Factor de luminância de acordo com o quadro que se apresenta na c) do artº 14.05.2-1.2 deste Caderno de Encargos, excepto para os marcos hectométricos, que serão pintados.

Postes

Os postes serão tubulares, de secção quadrada ou rectangular, em aço, sendo as suas dimensões e espessura indicadas nas peças desenhadas.

Processo de fixação

O processo de fixação encontra-se representado nas peças desenhadas e far-se-á por meio de rebitagem a uma chapa soldada em prumo ou poste, no caso geral.

Em situações particulares, e para os marcos hectométricos, admite-se um sistema de fixação directo ao prumo de suporte da guarda de segurança semi-flexível.

5.2.1.3. Marcação dos sinais

Na parte posterior dos sinais deverá ser inscrito o logótipo da Câmara Municipal do local (4x4 cm²) encimando a respectiva data de fabrico, sem cor de fundo, sob a forma de carimbo tecnicamente não removível.

5.2.1.4. Parafusos, anilhas e porcas

Os tipos de parafusos, suas formas e dimensões devem satisfazer as normas portuguesas em vigor, sendo dos tipos indicados nas peças desenhadas. Serão cadmiados por galvanização a frio.

5.2.1.5. Aço macio corrente e metal de adição para soldadura

A qualidade e características mecânicas do aço macio corrente a utilizar em chapas, perfis ou parafusos, bem como do metal de adição para soldadura, deverão satisfazer todas as especificações e requisitos próprio indicados no Eurocódigo 3 – Projecto de Edifícios e de Obras de Engenharia Civil em Aço.

5.2.1.6. Alumínio

Será obtido directamente da primeira ou segunda fusão, sendo a percentagem de impurezas inferior a 2%.

5.2.1.7. Ligas de alumínio

A sua utilização está prevista no presente projecto, e deverão conter um mínimo de 50% de alumínio, sendo a parte restante constituída por componentes de adição e sem quaisquer impurezas.

5.2.1.8. Protecção de elementos contra a corrosão

Para protecção dos elementos para a corrosão deverão ser seguidas as seguintes prescrições:

- Todos os elementos de aço a empregar na sinalização serão metalizados por galvanização, devendo as suas superfícies apresentar um recobrimento homogéneo com metal de protecção e sem quaisquer impurezas.
- Todas as furações, soldaduras e remodelações das peças serão realizadas anteriormente à galvanização.
- As placas dos sinais de pequena dimensão serão zincadas por galvanização a frio (electrolítica), sendo a espessura do revestimento de 14 μ e a deposição de 100 g/m². Os postes, tanto dos sinais de pequena, como de média e grande dimensão, serão zincados por galvanização a quente, sendo a espessura do revestimento de 84 μ e a deposição de 600 g/m². Todos os parafusos, anilhas e porcas serão cadmiados por galvanização a frio (electrolítica), sendo a espessura do revestimento de 20 μ e a deposição de 140 g/m², o mesmo sucedendo às charneiras, com 28 μ e 140 g/m², de acordo com as disposições normativas da JAE.

5.2.1.9. Cores

As cores a utilizar na sinalização, tanto em tintas como em telas reflectoras, devem ser as previstas no Código da Estrada e seu Regulamento.

5.2.1.10. Abecedários e numerários

As características das inscrições utilizadas nas mensagens da sinalização, são obtidas a partir dos abecedários e numerários tipo (unitários) constantes das disposições normativas em vigor na JAE.

5.2.1.11. Marcadores

Os marcadores são unidireccionais ou bidireccionais de acordo com o local de aplicação e apresentam as características que se passam a especificar.

Dimensões

- Altura máxima: 19 mm;
- Dimensão máxima da superfície de contacto com o pavimento: 10 x 10 cm².

Constituição do corpo do marcador

- Matéria plástica injectada.

Constituição dos reflectores

Qualquer que seja a constituição dos elementos reflectores, nomeadamente os constituídos por catadióptros bi-hemisféricos de vidro, deverão corresponder às seguintes características.

- Coeficiente de intensidade luminosa no estado novo e para ângulos de:

Observação	20 "
Incidência vertical	$V = 0^\circ$
Incidência horizontal	$H = 0^\circ$
CIL	> 100 mod/lux.

Ao fim de um ano de serviço o valor de CIL não deverá ser inferior a 25% do valor no estado novo.

- Cor – De noite, as coordenadas de cromacidade da luz enviada por um marcador iluminado pelo iluminante A, devem situar-se dentro do domínio definido pelos seguintes pontos:

A	X = 0,440	Y = 0,380
B	X = 0,480	Y = 0,410
C	X = 0,451	Y = 0,439
D	X = 0,409	Y = 0,411

- Resistência à sujidade – O CIL dos marcadores em serviço deve ser maior do que 75% do CIL dos mesmos marcadores quando limpos.

Modo de fixação

Os marcadores devem ser simplesmente colados sobre o pavimento.

A cola para fixação dos marcadores no pavimento deve obedecer, sem prejuízo de outras especificações expressas pelos documentos de homologação, às seguintes características:

- Composição: Cola epoxídica de dois componentes, sendo o Componente A resina epoxídica modificada com base em bisfenol A e a Componente B poliaminas modificadas.
- Equivalente epoxídico (da resina) – Deverá ter o valor máximo de 200.
- Massa volúmica – Deve obedecer à tolerância de $\pm 0,05$ relativamente ao valor especificado pelo fabricante, para cada um dos dois componentes e para a mistura.

- Aderência

Resistência da colagem ao corte	Mínimo de 6,1 MPa ao fim de 2 horas
Resistência da colagem ao corte oblíquo	Mínimo de 13,8 MPa ao fim de 24 horas e mínimo de 10,3 MPa ao fim de 24 horas mas quando imerso em água.

- Viscosidade – Deve ser a indicada (em Poises) pelo fabricante.
- Tempo de vida útil – Mínimo de 30 minutos (para o tempo de aplicação).
- Tempo de presa – Máximo de 90 minutos, a uma temperatura de entrada em serviço compreendida entre 20 e 25 °C.
- Prazo de armazenamento - 12 meses, com o mínimo de 8 meses.
- Quantidade de cola por marcador – Mínimo de 100 gramas.

Os métodos de ensaio utilizados para a determinação das características referidas deverão estar de acordo com a Norma AASHTO T 237-73 (1986).

5.3.1.12. Delineadores

Natureza e elementos constituintes

O delineador será constituído pelo seu corpo e pelo sistema de ancoragem.

O corpo do delineador será constituído por uma matéria plástica do tipo polietileno, na cor branca, com a espessura de 3 mm, constituído por uma só peça, dificilmente inflamável, resistente ao sol, ao gás dos escapes e aos fumos e poluição atmosféricos nas regiões industriais. Conterá, ainda, reflectores uni ou bi-direccionais.

Deverá conter estabilizantes que garantam a resistência à luz e aos agentes climatéricos, para além de dever resistir ao amarelecimento.

Deverá ser insensível às variações térmicas.

Deverá conter, no tardo, aberturas que permitam a ventilação e evitem a acumulação de calor e a condensação sobre a acção dos raios solares.

A superfície deverá permitir uma fácil limpeza, sem melindre dos elementos retroreflectores acoplados ou incrustados.

Os retroreflectores deverão ser fixados de tal modo à peça ou corpo do delineador, que seja possível a sua substituição de forma expedita.

O sistema de ancoragem do delineador deverá ser constituído por uma ou mais peças metálicas de fixação, sendo a ancoragem garantida por introdução no solo de uma peça de comprimento não inferior a 30 cm. Pretende-se que o sistema permita, com simplicidade, a remoção e colocação de novo delineador.

Características físicas dos vários elementos

O delineador, apoiado no solo, deve resistir aos esforços naturais de serviço e não representar um perigo em caso de choque com um veículo. As suas qualidades devem ser duradouras.

Deve resistir sem problemas a um vento que exerça uma pressão de 60 daN/m², o que equivale a um esforço de 5 daN aplicado a 1,0 m acima do solo sem provocar deformações superiores a 5 cm da sua posição inicial.

Perante o efeito de um esforço horizontal, deverá ocupar uma posição tal que a sua parte superior se encontre a menos de 40 cm do solo, e nenhum dos seus elementos constitua parte agressiva ou perigosa para os veículos ou peões.

Deve resistir a um esforço vertical de 25 daN, a fim de resistir ao vandalismo.

Exige-se ainda que, após um impacto com um veículo à velocidade de 60 km/hora, nenhum dos elementos resultantes constitua parte agressiva ou perigosa para os veículos ou peões.

Os materiais que o compõem não devem ser frágeis e devem conservar as suas qualidades (cor, estabilidade, resistência, elasticidade) durante, pelo menos, cinco anos.

As dimensões e características geométricas dos delineadores, apoiados no solo ou sobre uma guarda de segurança, constam das peças desenhadas.

O corpo do delineador será de cor branca, com uma banda preta, em forma de paralelogramo com 20 cm de altura, em cada uma das duas faces.

O dispositivo retroreflector deverá ser sempre branco, com as dimensões indicadas nas peças desenhadas, quer o delineador se venha a localizar à direita ou à esquerda do condutor.

Em faixas uni-direccionais os delineadores possuirão, apenas na face virada para o sentido de tráfego a que respeitam, retro-reflectores rectangulares de cor branca à direita e amarela à esquerda, com as dimensões de 18x4 cm². Em faixas bi-direccionais, os reflectores à direita são brancos e rectangulares com 18x4 cm² e os que se situem à esquerda serão constituídos por 2 círculos brancos com 6 cm de diâmetro, distanciados de 15 cm entre centros.

Exige-se que, qualquer que venha a ser o sistema de fixação, o sistema de ancoragem deverá estar enterrado, no mínimo, 30 cm e permitir a todo o sistema as características e comportamentos já descritos.

Para os delineadores apoiados na guarda de segurança, a sua parte superior é idêntica à dos delineadores apoiados no solo. O dispositivo de fixação encontra-se pormenorizado nas peças desenhadas, a título de exemplificação, podendo ser analisadas, pela Fiscalização, outras variantes.

As peças de fixação a utilizar deverão, contudo, ser em aço galvanizado por imersão a quente, conforme prescrições adoptadas para os suportes das guardas de segurança, ou em material inoxidável que garanta as mesmas características físicas.

Os dispositivos retroreflectores serão obrigatoriamente nas cores já indicadas e possuirão as dimensões fixadas nas peças desenhadas. Serão colocados de tal modo que o centro de gravidade da peça se situe a 85 cm do solo.

Devem possuir um poder de, no mínimo, 3 cd por 1 lux de iluminação e por m², segundo um ângulo de incidência de 15 ° e um ângulo de divergência de 20 '.

O Empreiteiro fornecedor deverá ser obrigado a apresentar documentos de homologação, quando existam, de laboratórios portugueses ou estrangeiros, sobre as qualidades e características do material que pretende oferecer, o qual deverá conter o ano de fabrico, a marca de identificação e a referência de homologação.

5.2.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

5.2.2.1. Armazenamento dos sinais

Todos os sinais e seus componentes deverão ser armazenados em local fechado, limpo e arejado.

5.2.2.2. Montagem dos sinais

Na montagem dos sinais devem ser seguidos os esquemas de montagem do desenho de pormenor respectivo.

5.2.2.3. Localização dos sinais

A localização dos sinais será a indicada nos desenhos. Serão permitidos ligeiros ajustes de posicionamento para melhor adaptação a condicionamentos locais, não podendo, contudo, ser comprometidas as posições relativas de sinais aplicados em interligação e cujo posicionamento esteja directamente relacionado com as marcas rodoviárias do pavimento adjacente.

5.2.2.4. Implantação transversal dos sinais

Os sinais de pequena dimensão e sinais complementares são implantados do lado direito, no sentido de tráfego a que respeitam, no limite exterior da berma em secção corrente.

Em ilhas, separadores materializados e passeios, os sinais são implantados com um afastamento mínimo de 0,50 m ao limite da faixa de rodagem.

Sempre que for necessário utilizar sinais em duplicado terão que surgir forçosamente sinais do lado esquerdo da via, mas sempre em complemento de um outro, colocado à direita.

Os sinais são implantados de molde que a sua superfície realize, com a linha limite da faixa de rodagem, um ângulo de 100°, medido pelo tardo dos mesmos quer se localizem do lado direito ou do lado esquerdo da faixa de rodagem.

5.2.2.5. Implantação vertical dos sinais

Deverão ser respeitados os esquemas de implantação indicados nos documentos normativos da JAE, sobre sinalização vertical, que estiverem em vigor; em qualquer caso deverá a Fiscalização, em tempo oportuno, obter a ratificação da Direcção dos Serviços de Conservação relativamente à implementação do esquema projectado, face à eventual conveniência em executar a sinalização em moldes renovados.

Deverá ainda ser tido em conta o seguinte:

Sinais de pequena dimensão:

Todos os sinais denominados de código deverão ser colocados a 1,10 m de altura (do solo à base do sinal) devendo este valor ser reduzido para 1,00 m, no caso de dois sinais colocados no mesmo poste.

Deverão estar colocados fora do limite da berma e, sempre que exista guarda de segurança, protegidos por esta.

Sinais complementares

O seu posicionamento deverá respeitar o já exposto para os sinais de pequena dimensão, devendo a altura entre o bordo do sinal e o solo ser de 0,20 m.

Outros sinais e demarcação

Os "chevrons" individuais ou duplos serão implantados de modo idêntico ao descrito neste Caderno de Encargos em 4.2.3.4. *Implantação transversal dos sinais*.

Os marcos quilométricos são implantados a 0,80 m do solo, do lado direito, no sentido da quilometragem, para além da berma e com uma inclinação de cerca de 80 ° em relação à linha definida pelo limite da faixa de rodagem.

Os marcos hectométricos são colocados paralelamente à linha definida pelo limite da faixa de rodagem e do lado direito da mesma, no sentido progressivo da quilometragem e a 0,80 m do solo.

Os marcos miriámétricos respeitam o mesmo princípio dos quilométricos mas serão duplicados e situar-se-ão a 1,20 m.

5.2.2.6. Colocação

Os sinais serão encastrados num maciço cúbico de betão B20 com 0,5 m de aresta, a uma profundidade que permita um recobrimento na base do prumo de 0,10 m.

5.2.2.7. Escavações para maciços de fundação de sinais

Os caboucos para os maciços de fundação serão, em princípio, levados até à profundidade indicada nos desenhos de execução, podendo no entanto, de acordo com a Fiscalização, a fundação ser alterada de acordo com as condições reais reveladas.

A escavação será completada por um saneamento cuidado das soleiras e paredes dos caboucos, de modo a que no final estas superfícies se apresentem completamente limpas e isentas de materiais soltos, não podendo iniciar-se a betonagem sem autorização expressa da Fiscalização.

As escavações serão conduzidas de modo a que fique salvaguardada a completa segurança do pessoal contra desmoronamentos ou outros perigos e assegurada a correcta execução das operações de betonagem, procedendo-se, para isso, às entivações e escoramentos que a Fiscalização reconheça necessários.

Nos preços contratuais encontram-se incluídos todos os trabalhos relativos à sua completa execução, tais como: elevação, remoção, carga, transporte a vazadouro, a depósito e vice-versa, entivações, esgotos, compactação, regularização e percentagens de empolamento ou quaisquer outros trabalhos subsidiários necessários à segurança do pessoal e à correcta execução das operações de betonagem, ficando bem esclarecido que o Adjudicatário se inteirou no local, antes da elaboração da sua proposta, de todas as particularidades do trabalho e que nenhum direito a indemnização lhe assiste no caso das condições de execução se revelarem diferentes das que inicialmente previra.

Para efeitos de medição, o volume a considerar será obtido a partir dos perfis teóricos da escavação.

5.2.2.8. Betão

O fabrico, cura, moldagem e desmoldagem do betão devem respeitar as condições estabelecidas no Regulamento de Betões de Ligantes Hidráulicos.

5.2.2.9. Marcadores

A aplicação de marcadores de base plana por colagem em pavimentos de betão betuminoso ou de cimento, implica a observância das seguintes operações:

Implantação

Pré-marcação dos locais de aplicação dos marcadores, para o que se impõe um plano da sua distribuição em extensão, espaçamento e orientação (ângulo com o eixo ou tangente ao eixo da faixa de rodagem).

Na pré-marcação, é aconselhado o uso de bitolas (esquadriadas), que garantam o alinhamento regrado do marcador com as linhas longitudinais.

Considera-se que, para uma boa visibilidade, os marcadores devem ser orientados de modo a que os troços rectos fiquem paralelos ao eixo da faixa de rodagem e, da mesma forma, em curvas, paralelos à tangente ao eixo no ponto de aplicação.

Limpeza

A limpeza e secagem do pavimento deverá ser feita utilizando vassoura ou escova de aço, maçarico ou ar comprimido, por modo a eliminar todos os detritos e humidades existentes e susceptíveis de prejudicar a aderência da cola.

Sobre betão de cimento, é recomendável efectuar a decapagem prévia da superfície utilizando, para o efeito, por exemplo, ácido clorídrico diluído a 1/1, seguida de uma limpeza com água e posterior secagem com maçarico.

Preparação da cola

Considerando a utilização de cola de dois componentes, procede-se à sua prévia mistura em quantidades que tenham em consideração o seu consumo total em condições de eficácia. Esta preocupação deve prever a duração da mistura e o rendimento de aplicação (nº de marcadores por unidade de tempo).

As quantidades de cada componente por embalagem (lata) permitem, com facilidade, evitar desperdício de material, o que deve ser evitado a todo o custo tendo em atenção a impossibilidade de criação de "stocks" e a dificuldade na sua aquisição (importação).

Deverá ter-se em atenção que cada marcador, com as dimensões de 0,10 por 0,10 m² (de base), necessita de um mínimo de 100 g de cola, a que corresponde uma camada, em fresco, de aproximadamente 1,5 mm de espessura.

Não deverá utilizar-se qualquer dos dois componentes desde que o prazo de validade de 8 meses, mínimo (aconselhado 12 meses), tenha sido ultrapassado.

Se, dentro daquele prazo, se verificar qualquer anomalia aparente ou de adesividade, deverá ser dado conhecimento imediato do facto à Fiscalização.

Colagem

A operação de colagem prevê a aplicação no pavimento, com uma espátula, de uma camada de cola com cerca de 1,5 mm de espessura, numa área correspondente à base do marcador.

Em seguida e de imediato, aplica-se o marcador sobre a camada de cola e pressiona-se vigorosamente até que, por refluimento, se verifique o envolvimento do marcador por uma orla de cola que servirá de protecção contra infiltrações.

Deverá sublinhar-se que, nesta operação, poderá efectivar-se a orientação correcta dos marcadores, de acordo com a angularidade estabelecida na implantação.

5.2.2.10. Delineadores

Implantação e colocação

A implantação dos delineadores far-se-á de 50 em 50 m, para troços onde a distância de visibilidade é superior a 250 m. Colocam-se de um e outro lado da faixa de rodagem, segundo o perfil transversal, e serão bi-direccionais se a faixa de rodagem apresentar dois sentidos de tráfego.

Para distâncias de visibilidade reduzidas, por exemplo em curvas em planta ou em curvas de concordância, a visibilidade mínima deverá ser determinada, e para essa zona deverão existir 5 delineadores visíveis para o condutor. Em casos extremos, de distâncias de visibilidade de 40 m, utilizar-se-ão com espaços mínimos de 8 m. Existirão sempre 2 delineadores (1 de cada lado) para o mesmo perfil transversal.

Quando a implantação se realizar sobre guardas de segurança existentes, procurar-se-á respeitar o princípio indicado atrás, tentando acertar o mais possível os espaçamentos.

As peças desenhadas contêm informações complementares da implantação dos delineadores.

Implantação transversal

A implantação transversal far-se-á tendo em conta a existência da berma, devendo o delineador, apoiado no solo, situar-se no limite daquela e no separador.

Se a colocação sobre a guarda de segurança não for possível ou desejável, poderá o mesmo situar-se atrás daquela guarda, e a uma distância mínima de 0,50 m da superfície definida pela face da viga "omega".

O Adjudicatário deverá iniciar os trabalhos após marcação experimental dos locais onde se irão instalar os delineadores, procedendo de imediato à escavação das bases e instalação do corpo do delineador, verificando a sua verticalidade, orientação angular em relação à faixa de rodagem e à altura do topo do mesmo à cota da berma.

5.3. GUARDAS DE SEGURANÇA SEMI-FLEXÍVEIS

5.3.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

5.3.1.1. Normas e regulamentos

Os materiais, dimensionamento, execução e ensaios dos elementos de guardas de segurança e suas ligações, deverão, em tudo, obedecer ao que é prescrito e lhes diga respeito no Eurocódigo 3 – Projecto de Edifícios e de Obras de Engenharia Civil em Aço, bem como às normas ou especificações do LNEC que interessem à concepção e execução das guardas.

Deverão ainda obedecer às normas que lhe são aplicáveis da série NP EN 1317 – *Sistemas de segurança rodoviária*.

Deverão ter aposta a marcação CE cumprindo o definido na NP EN 1317-5 – *Sistemas de segurança rodoviária. Parte 5: Critérios de durabilidade e avaliação da conformidade*.

5.3.1.2. Qualidade dos materiais

Todos os elementos da guarda de segurança serão executados em aço macio corrente de textura completa e homogénea, isento de inclusões, fendas ou outros defeitos prejudiciais à sua utilização.

Os perfis laminados e as chapas devem ter as formas previstas, apresentar-se desempenadas dentro das tolerâncias admitidas e com as superfícies lisas.

5.3.1.3. Características do aço

O aço macio corrente a utilizar em chapas, em perfis, ou parafusos, deverá possuir as seguintes características mecânicas:

- Limite elástico convencional mín. (c/ 0,2 % de deformação permanente) 24 kgf/mm²
- Tensão de rotura mínima 37 kgf/mm²
- Mínima extensão após rotura 22 %

Para os parafusos, o limite elástico convencional pode baixar até 21 kgf/mm² e a extensão após a rotura (mínima) deverá situar-se nos 25%.

5.3.1.4. Características do metal de adição para soldadura

Os métodos de soldadura deverão respeitar as prescrições seguintes:

- As soldaduras serão realizadas por fusão, através de um arco eléctrico, com eléctrodos, por processo semi-automático de fusão do fio em atmosfera neutra;
- As soldaduras serão realizadas por cordões contínuos, planos ou côncavos, cuja espessura é indicada nos desenhos de pormenor.

O metal de adição para soldaduras deverá respeitar as seguintes características:

- Tensão de cedência mínima 28 kgf/mm²
- Tensão de rotura mínima 44 kgf/mm²
- Mínima extensão após rotura 25 %

4.3.1.5. Tipos e dimensões dos elementos da guarda de segurança simples

Viga ou baia

Será executada em chapa com espessura de 3 mm (tolerância de $\pm 10\%$).

A secção da viga será do tipo "Omega", com duas ondas elípticas moldadas numa só peça e sem arestas nos ângulos diedros.

Aquela secção deverá proporcionar à viga as seguintes características mecânicas:

- Momento de flexão correspondente a 2/3 do limite de fadiga do material> 70 tfm;
- Flecha máx. correspondente a uma carga isolada de 1000 kgf, a meio do vão de 4 m de 12 cm.

Cada tramo da viga em alinhamento recto deverá possuir um comprimento de 4,0 m, entre eixos de apoio, podendo, em curvas com raio inferior a 45 m, baixar para valores ajustados à respectiva curvatura.

A sobreposição de cada tramo para o estabelecimento da continuidade da viga deverá verificar-se, pelo menos, numa extensão de 0,30 m.

Os furos serão em número de oito para fixação dos elementos horizontais entre si e um de fixação ao dispositivo de afastamento, deverão ser convenientemente ovalizados por forma a permitir as variações de comprimento devidas à acção da temperatura, bem como o jogo indispensável ao melhor amortecimento e à facilidade de montagem.

A altura da aresta superior da viga, em guarda com viga simples, será de 0,70 m (tolerância de + 0,03 m, - 0,00 m).

Deverão respeitar-se todas as dimensões indicadas nos respectivos desenhos de pormenor.

Prumo ou suporte

Nas secções correntes, será utilizado o perfil especificado no projecto, posicionado de forma a fixar a viga à alma. O seu comprimento total será de:

- 1,70 m ficando a menos de 0,50 m de crista de aterros consolidados;
- 1,50 m em secção corrente, compreendendo os solos que tornam necessário o emprego de perfurador.

A altura mínima do topo do prumo acima do solo será 0,66 m, com a tolerância de + 0,03 m.

O furo do parafuso de fixação deve ficar situado a 0,11 m do topo do perfil e ser convenientemente ovalizado verticalmente.

Os postes, quando convenientemente encastrados (caso dos prumos fixos aos tabuleiros das pontes), satisfarão às seguintes condições técnicas:

- A flecha correspondente à carga de 3500 kgf no sentido normal ao movimento será, no máximo, de 2 mm;
- A flecha correspondente à carga de 200 kgf no sentido do movimento será, no máximo, de 5 mm.

Em separadores centrais e sempre que possível em planta, dever-se-á recorrer a prumos em perfil UNP 16, que suportará de um e de outro lado uma viga do tipo OMEGA, idêntica à já descrita.

Separador-afastador (amortecedor)

Será executado em chapa de aço do tipo indicado no desenho de pormenor respectivo, com as dimensões aí fixadas.

Não se prevê a colocação de afastadores nos dois suportes terminais das extremidades enterradas.

Elementos especiais

As placas de fixação terão as dimensões definidas nos respectivos desenhos de pormenor. Estas placas de fixação serão apenas utilizadas nos três primeiros e nos três últimos prumos de cada fila, para assegurar melhor amarração em caso de colisão nesta zona.

Parafusos (ligações)

As ligações de todos os elementos que constituem a guarda de segurança (troços de viga, prumos e amortecedores) entre si, serão efectuadas com parafusos em aço macio e o seu dimensionamento será efectuado tendo em consideração o determinado na Norma Portuguesa NP 343, devendo ser utilizadas anilhas apropriadas para melhorar as condições de aperto.

Todos os parafusos da viga deverão ser do tipo "cabeça de tremoço".

A ligação de dois tramos consecutivos da viga deverá ser realizada com a utilização de um número mínimo de oito parafusos.

O amortecedor não deverá ser ligado ao prumo por parafusos de diâmetro inferior a 16 mm (Prumo INP 12). Nesta ligação não serão utilizadas anilhas.

4.3.1.6. Tipos e dimensões dos elementos da guarda de segurança dupla especial

A guarda do tipo BHO é constituída por:

- Prumo ou poste idêntico ao utilizado para a guarda de segurança semi-flexível simples;
- Alongadores fixados aos prumos ou postes;
- Vigas longitudinais fixadas superiormente nos alongadores;
- Vigas longitudinais do tipo OMEGA, fixadas na base dos alongadores;
- Peças de ligação que permitem a fixação dos vários elementos entre si e a ancoragem.

Prumo ou poste

Nas secções correntes, será utilizado o perfil indicado nos desenhos de pormenor. O seu comprimento total será de 2,00 m, com altura mínima ao solo de 0,66 m (tolerância de + 0,03 m). Serão cravados de 2,0 em 2,0 m.

Alongadores

Os alongadores são constituídos por uma peça paralelepipedica em que as faces laterais têm uma forma de losango. Na sua parte superior encontra-se fixada uma peça de $0,08 \pm 0,02$ m, por $0,26 \pm 0,005$ m, por dois cordões de soldadura horizontais para fixação das vigas longitudinais.

Na sua parte inferior, encontram-se os furos circulares necessários à fixação do alongador ao prumo ou poste. As dimensões pormenorizadas encontram-se indicadas nas peças desenhadas.

Vigas longitudinais superiores

São constituídas por duas vigas **U**, de tal modo que formam uma secção quadrada descontínua. Fixam-se entre si por intermédio de um perfil **I** com furação adequada e apoiam-se ao alongador por meio de uma peça de fixação deslizante no interior do quadro, com furação adequada à existente na peça soldada ao alongador.

Vigas longitudinais do tipo w (omega)

São fixadas ao alongador por intermédio de furação adequada através de um reforço também em forma de omega. Este reforço adopta um corte variável em função da secção considerada, correspondente à zona de fixação propriamente dita ou à secção tipo corrente.

Peças de ligação

As peças ou elementos que permitem a ligação do conjunto, nomeadamente os que se referem às excentricidades da guarda de segurança, encontram-se devidamente pormenorizados nas peças desenhadas.

Separador (afastador)

A peça, já descrita para a guarda de segurança simples, será utilizada nas extremidades da guarda dupla especial, para estabelecer a ligação entre o prumo ou poste e a viga tipo OMEGA.

4.3.1.7. Resistência dos elementos

Viga

A viga, colocada na posição horizontal e com a face de exposição ao tráfego voltada para cima, quando submetida, para além do seu peso próprio, a uma carga estática vertical aplicada a meio vão, deverá resistir a um momento flector de 375 kg.m sem que a tensão de tracção no aço ultrapasse 2/3 do seu limite elástico convencional.

Nas mesmas condições, a tensão de rotura à tracção não deverá ser atingida sob a acção de uma carga inferior a uma tonelada.

Prumo ou suporte

O prumo deverá resistir, no seu lugar, a uma carga estática horizontal de uma tonelada, aplicada ao nível correspondente a meia altura da viga e dirigida de dentro para fora da faixa de rodagem, sem que a tensão de tracção no aço ultrapasse os 2/3 do seu limite elástico convencional.

Nas mesmas condições, a tensão de rotura à tracção não deverá ser atingida sob a acção de uma carga inferior a duas toneladas.

Parafusos (ligações)

Os troços da viga terão de estar de tal modo interligados que devem resistir a um esforço de tracção simples de 20 toneladas, abstraindo das suas ligações aos prumos.

4.3.1.8. Protecção contra a corrosão

Para a protecção contra a corrosão são seguidas as seguintes prescrições:

- Todos os elementos da guarda de segurança serão metalizados a zinco, por galvanização, devendo as suas superfícies apresentar um recobrimento homogéneo com o metal de protecção; se a galvanização for a quente (por imersão), o recobrimento não deverá ser inferior a 600 g/m², a que corresponde aproximadamente uma capa com espessura de 84 µ e, se for a frio (electrolítica), aquele não deverá ser inferior a 300 g/m².
- A furação nas vigas, suportes, separadores e alongadores, bem como a soldadura, serão efectuadas antes da galvanização.
- Os parafusos, anilhas e fêmeas, devem ser metalizados com galvanização a frio.

5.3.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

5.3.2.1. Implantação

A execução das obras deste tipo compreende as operações fundamentais de cravação e montagem, as quais pressupõem um trabalho delicado de prévia implantação para reconhecimento dos condicionamentos locais (natureza dos solos, atravessamentos, obstáculos, etc.), ao qual se seguirá a implantação definitiva, que deve garantir um rigoroso alinhamento em planta e perfil longitudinal.

Estes alinhamentos devem apresentar-se perfeitamente regradados, sem ondulações que denunciem o apego a eventuais imperfeições do pavimento (deformações, recortes, etc.), quer em planta quer em perfil, isto é, devem traduzir o desenvolvimento geométrico da estrada.

Todos os trabalhos que não respeitem as condições técnicas de execução exigidas não poderão ser aceites.

5.3.2.2. Ancoragem

A ancoragem dos prumos será efectuada por cravação directa no solo ou, em casos excepcionais, por encastramento em maciços de betão simples de 120 kg de cimento por m³, com a secção quadrada com o mínimo de 40 cm de lado e uma profundidade que permita o recobrimento na base do prumo não inferior a 10 cm.

Se o recurso a processos de escavação mecânica conduzir à conveniência em realizar maciços de secção circular, o diâmetro não deverá ser inferior a 45 cm.

Em obras de arte, os prumos serão aparafusados mediante placas de fixação com furação apropriada.

A distância entre dois suportes consecutivos será de 4,0 m, devendo este espaçamento baixar para 2,0 m nas curvas de raio inferior a 45 m.

5.3.2.3. Montagem e manutenção das guardas de segurança

Montagem

As vigas de segurança, que se devem encontrar já devidamente preparadas para a instalação no local, serão fixadas a um dispositivo de afastamento (amortecedores, afastadores e reforços), sendo o conjunto apoiado ao suporte ou prumo previamente cravado.

O eixo horizontal da viga simples deve situar-se à altura mínima de 0,55 m do solo, com uma tolerância de 0,03 m para mais, enquanto que a altura máxima admitida para a viga superior de uma guarda dupla, quando prevista, será de 1,00 m.

A montagem da guarda será sempre realizada no sentido do tráfego e com terminais de segurança adequados.

A extremidade da viga de montante sobrepor-se-á sempre à de jusante, de acordo com o respectivo desenho de pormenor.

A montagem das vigas de segurança deverá ser sequente, não se permitindo interrupções por troços, a menos que expressamente autorizadas pela Fiscalização.

A colocação dos prumos não se deverá encontrar desfasada no tempo da colocação das vigas respectivas, sendo imperioso que, no fim de cada período de trabalho, se protejam com terminais adequados. Nos pontos de divergência, não se admitem curvas inferiores ao raio de $R = 1,00$ m.

Manutenção

Se durante o período de execução dos trabalhos as guardas já montadas segundo os critérios estabelecidos no número anterior forem danificadas por acidente, competirá ao Adjudicatário a sua recolocação sendo, no entanto, devido o pagamento dos trabalhos efectuados, a preços do contrato.

Não serão considerados os casos demonstradores de negligência ou colocação imprópria de materiais em obra, os quais serão da inteira responsabilidade do Adjudicatário.

5.3.2.4. Extremidade enterrada a cota constante

O enterramento, neste caso, far-se-á à custa de um afastamento em relação ao alinhamento da fila de guardas paralelas ao eixo da estrada e conseguir-se-á, também, à custa de três chapas, a última das quais ficará encastrada no talude de escavação.

Deverá ser evitada a cravação dos prumos nas valetas.

5.3.2.5. Extremidade enterrada a cota variável

Os três primeiros prumos de cada fila serão posicionados de modo a que apresentem as seguintes cotas, relativamente ao eixo da viga, quer no caso das guardas de segurança simples, quer no caso da viga inferior da guarda de segurança dupla (BHO):

- 1º prumo - 0,15 m
- 2º prumo + 0,20 m
- 3º prumo + 0,41 m

Para além disso devem garantir um afastamento horizontal máximo, no 1º prumo, relativamente ao alinhamento da fila paralela ao eixo da estrada, de 0,50 m.

Os dois primeiros prumos não são munidos de afastador, sendo a viga apoiada directamente no suporte.

Com a finalidade de proporcionar melhor amarração da viga ao suporte, os três primeiros prumos são munidos de placa de fixação.

5.4. GUARDAS DE SEGURANÇA RÍGIDAS

5.4.1. CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

5.4.1.1. Normas e regulamentos

As guardas de segurança rígidas ou separadores em betão, são dispositivos que devem obedecer às directivas do Conselho de 28 de Março de 1983 (83/189/CEE) e às normas que lhe estão associadas.

Serão designadas por nomenclaturas "tipo DBA" e "tipo GBA", equivalendo a maciços rígidos na concepção dos denominados normalmente por "New Jersey".

5.4.1.2. Qualidade dos materiais

As guardas rígidas serão executadas em betão B 20, de acordo com os respectivos desenhos de pormenor e com o perfil adequado, isto é, o tipo GBA para protecção de pontos específicos e o tipo DBA para secção corrente, quer lateralmente, em extensões apreciáveis, ou em separadores centrais.

5.4.1.3. Elementos constituintes

São constituídas por uma peça única moldada "in situ" ou, para pequenas extensões ou em casos de acentuado conflito com o tráfego, prefabricada, devendo nestes casos garantir-se a continuidade do maciço sem imperfeições ou juntas aparentes.

5.4.1.4. Características e dimensões

O perfil do tipo DBA é um murete contínuo em betão hidráulico, simétrico, com uma altura nominal de 0,80 m e a largura de 0,60 m no apoio ao solo, levemente armado na parte superior por dois ferros com 6 mm de diâmetro. Pode ser directamente colocado no solo, desde que este se apresente bem compactado e garanta a ausência de deformações diferenciais. A sua massa é aproximadamente de 700 kg por metro linear.

O perfil do tipo GBA é constituído por um maciço de betão hidráulico assimétrico. A largura na base é de cerca de 0,48 m e a sua massa aproximada de 620 kg por metro linear.

A ligação entre uma guarda de segurança semi-flexível e um maciço rígido far-se-á numa zona de transição, que se encontra definida nas peças desenhadas.

5.4.1.5. Resistência

Os separadores de betão do tipo DBA e GBA devem permitir reter veículos pesados até 12 toneladas, desde que o ângulo de incidência não seja superior a 20 ° e para uma velocidade de 70 km/h.

5.4.2. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

5.4.2.1. Implantação

Os maciços, do tipo "New Jersey", são dispositivos rígidos que não podem ser implantados senão sobre um solo estabilizado, para se evitar sérios riscos de rotura provocados por pequenos deslocamentos diferenciais.

A implantação deve garantir um rigoroso alinhamento em planta e em perfil.

A escolha exacta da posição do separador dependerá da largura disponível até ao obstáculo, e deverá ser sempre localizado para além do limite da berma.

5.4.2.2. Colagem-fixação

A colagem ou fixação da guarda rígida deverá ser conseguida por dois processos que se descrevem:

- Por aderência (colagem) ao suporte sobre o qual assenta, suporte que pode encontrar-se estabilizado mecânicamente, ou constituído por uma superfície tratada com ligantes hidráulicos ou hidrocarbonados. Neste caso, é importante a limpeza prévia da zona de colagem.
- Por colagem a uma argamassa de betão, de largura mínima igual à da base do maciço e de 0,20 m de altura. Neste caso bastará apenas uma operação para garantia de colagem, que será conseguida em simultâneo com a construção da base da argamassa.
- Em separadores, deverá ser preferido este método.

5.4.2.3. Fabrico

Os maciços já referidos podem ser fabricados "in situ", por processo de molde deslizante, ou prefabricados. As grandes extensões impõem o primeiro dos processos. Contudo, em qualquer dos casos, deverá ser ouvida a Fiscalização.

5.4.2.4. Extremidades

As extremidades dos maciços sofrerão dois tratamentos específicos devendo, por norma, ficarem articuladas às guardas de segurança semi-flexíveis por intermédio de parafusos roscados a buchas expansivas aplicadas no próprio maciço.

Para além deste tratamento, também o próprio perfil deverá, numa extensão mínima de 1,60 m, sofrer uma transição em cunha, conforme se pormenoriza nas peças desenhadas, de modo a não apresentarem ao tráfego superfícies verticais.

5.5. CONTROLO DA QUALIDADE

Para os equipamentos de sinalização e segurança os ensaios de controlo da qualidade serão definidos pela Fiscalização de acordo com as prescrições constantes neste capítulo.